

---

# DIPLOMARBEIT

---

Herr  
**Andreas Josef Lienbacher**

**Modularisierung der  
Leittechniksoftware für  
Wasserkraftanlagen unter  
besonderer Berücksichtigung  
einer wirtschaftlich  
kaufmännischen Betrachtung**

Mittweida, 2015

---

# **DIPLOMARBEIT**

---

---

## **Modularisierung der Leittechniksoftware für Wasserkraftanlagen unter besonderer Berücksichtigung einer wirtschaftlich kaufmännischen Betrachtung**

Autor:

**Herr**

**Andreas Lienbacher**

Studiengang:

**Wirtschaftsingenieurwesen**

Seminargruppe:

**KW11wSA-F**

Erstprüfer:

**Dr. rer. pol. Ulla Meister**

Zweitprüfer:

**Dr. rer. pol. Holger Meister**

Einreichung:

**Mittweida Herbst 2015**

Verteidigung/Bewertung:

**Mittweida Herbst 2015**

## **Bibliografische Beschreibung:**

Andreas Lienbacher

Modularisierung der Leittechniksoftware für Wasserkraftanlagen unter besonderer Berücksichtigung einer wirtschaftlich kaufmännischen Betrachtung - 2015 - 5, 82, 1 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftswissenschaften

Diplomarbeit, 2015

## **Referat:**

In dieser Diplomarbeit wird die Softwareentwicklung für Wasserkraftanlagen beschrieben. Der erste Teil behandelt die notwendigen technischen und kaufmännischen Grundlagen. Gefolgt vom Risikomanagement und den daraus abgeleiteten Maßnahmen erfolgt die Auswahl und Einführung einer Maschinensimulationsumgebung. Anschließend erfolgt der Vergleich der Ist Situation mit der Soll Situation der Softwareentwicklung, dabei wird die Produktivität, die Wirtschaftlichkeit und die Umsatzrentabilität berechnet. Abgerundet werden diese Berechnung durch den ROI, die Break Even Analyse und einer Amortisationsberechnung.

## Inhaltsverzeichnis

	Bibliografische Beschreibung: .....	3
	Referat: .....	3
1.	Einleitung .....	10
1.1.	Problemstellung.....	11
1.2.	Zielsetzung .....	12
1.3.	Methodisches Vorgehen .....	13
2.	Modularisierung der Leitechniksoftware für Wasserkraftanlagen unter besonderer Berücksichtigung einer wirtschaftlich kaufmännischen Betrachtung .....	14
2.1.	Technische Grundlagen .....	14
2.1.1.	Definition Wasserkraftwerk .....	14
2.1.2.	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) .....	15
2.1.3.	Turbinentypen .....	16
2.1.3.1.	Francis Turbine .....	17
2.1.3.2.	Kaplan Turbine .....	18
2.1.3.3.	Pelton Turbine .....	20
2.1.4.	Generatortypen .....	22
2.1.4.1.	Asynchrongenerator .....	22
2.1.4.2.	Synchrongenerator .....	25
2.2.	Kaufmännisch, wirtschaftliche Grundlagen .....	27
2.2.1.	Produktivität.....	27
2.2.2.	Wirtschaftlichkeit .....	28
2.2.3.	Rentabilität .....	29
2.2.4.	Return on Investment .....	30
2.2.5.	„Break Even“ Analyse .....	33
2.2.6.	Amortisationsberechnung .....	34
2.2.7.	Entscheidungstheorie und Nutzwertanalyse .....	35
2.3.	Risikomanagement.....	38
2.3.1.	Grundlagen.....	39
2.3.2.	Risikomanagement Prozess .....	42
2.3.2.1.	Identifizierung von Risiken .....	43
2.3.2.2.	Bewertung von Risiken (Wahrscheinlichkeit) .....	45
2.3.2.3.	Steuerung und Bewältigung.....	46

2.3.2.4.	Überwachung .....	47
2.3.2.5.	Risikomanagement.....	48
2.3.2.6.	Risikocontrolling .....	49
2.3.2.7.	Risikoübertragung .....	50
2.3.2.8.	Risikomatrix.....	51
2.3.2.9.	Risikobewältigung.....	52
2.3.2.10.	Maßnahmen zur Risikominimierung .....	54
2.3.3.	Risiko Ist Betrachtung der Softwareentwicklung .....	55
2.3.3.1.	Risiko Identifizierung der Softwareentwicklung .....	55
2.3.3.2.	Risikobeurteilung und Bewertung der Softwareentwicklung.....	58
2.3.3.3.	Wahrscheinlichkeits- und Auswirkungsanalyse.....	60
2.3.3.4.	Probleme bei der IST-Betrachtung .....	63
2.3.4.	SOLL-Betrachtung.....	64
2.3.4.1.	Risikominderung.....	64
2.3.4.2.	Bewertung .....	68
2.4.	Auswahl und Einführung einer Maschinensimulationsumgebung.....	69
2.4.1.	SOLL- Betrachtung.....	71
2.4.1.1.	Untersuchung möglicher Umgebungen.....	71
2.4.1.2.	Vorauswahl der Umgebungen .....	73
2.4.1.3.	Kurzvorstellung Siemens SimIT .....	74
2.4.1.4.	Kurzvorstellung Mewes und Partner WinMod .....	76
2.4.1.5.	Detaillauswahl der Umgebungen.....	78
2.5.	Softwareentwicklung.....	79
2.5.1.	IST-Betrachtung .....	80
2.5.1.1.	Softwareentwicklungsprozess IST .....	80
2.5.1.2.	Produktivität.....	82
2.5.1.3.	Wirtschaftlichkeit .....	82
2.5.1.4.	Umsatzrentabilität.....	83
2.5.1.5.	Fazit Softwareentwicklung Ist .....	83
2.5.2.	SOLL- Betrachtung.....	84
2.5.2.1.	Softwareentwicklungsprozess SOLL .....	84
2.5.2.2.	Produktivität.....	87
2.5.2.3.	Wirtschaftlichkeit .....	87
2.5.2.4.	Umsatzrentabilität.....	88
2.5.2.5.	Berechnung des ROI / Break Even / Amortisation .....	88

2.5.2.6.	Fazit Softwareentwicklung SOLL .....	90
3.	Zusammenfassung .....	91
3.1.	Ergebnis .....	91
3.2.	Konsequenzen .....	95
4.	Quellennachweis / Literaturverzeichnis.....	96

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Turbinenauswahl .....	16
Abbildung 2:	Francis Turbine .....	17
Abbildung 3:	Kaplanturbine .....	19
Abbildung 4:	Peltonturbine .....	21
Abbildung 5:	Asynchrongenerator .....	24
Abbildung 6:	Prinzip Aufbau Synchrongenerator .....	26
Abbildung 7:	Faktoren des ROI .....	31
Abbildung 8:	Risikomanagement Prozess .....	42
Abbildung 9:	Risikoerfassungsverfahren und Instrumente .....	44
Abbildung 10:	Institutionelle Rahmenbedingungen für das Risikomanagement .....	48
Abbildung 11:	Risikomatrix .....	51
Abbildung 12:	Risikosteuerung .....	53
Abbildung 13:	Schematischer Aufbau einer Maschinensimulation .....	70
Abbildung 14:	Screenshot Siemens SimIT.....	75
Abbildung 15:	Screenshot von Mewes und Partner WinMOD .....	77
Abbildung 16:	Ansteuerung eines Motors .....	81
Abbildung 17:	Ansteuerung eines Motors neu .....	86

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Risikoidentifizierung .....	57
Tabelle 2: Finanziell bewertete Risikoliste .....	58
Tabelle 3: Risikoliste mit Wahrscheinlichkeiten und Auswirkungen.....	61
Tabelle 4: Risikomatrix .....	62
Tabelle 5: Risikominderung auf einen Blick .....	67
Tabelle 6: Korrigierte Risikomatrix .....	68
Tabelle 7: Übersicht möglicher Simulationsumgebungen .....	72
Tabelle 8: Detailvergleich der engeren Auswahl .....	78
Tabelle 9: Vergleich IST zu SOLL.....	94

## Vorwort

Diese Diplomarbeit ist zwischen meinen etlichen berufsbedingten Dienstreisen in den Ländern Albanien, Deutschland, der Schweiz, in Schweden und natürlich in Österreich entstanden. Dieser Arbeit liegt sozusagen eine internationale Note zugrunde.

Ich widme diese Arbeit in erster Linie meinen Eltern Josef und Maria Lienbacher und danke Ihnen hiermit für die immer großartige Unterstützung in allen Belangen und Lebenslagen, die mir zuteil geworden ist.

Desweiteren danke ich den folgenden Personen die mich bei meinem Studium und bei dieser Diplomarbeit unterstützt haben, sei es als Professor, als Lektor, als Informationsquelle oder auch als moralische Unterstützung.

Allen voran

Herr Prof. Dr. Holger Meister  
Herr Dipl. Ing. Dr. Anton Eckschlager  
Herr Dipl. Ing Christian Enzinger  
Herr Ing. Stefan Brandauer  
Herr Ing. Christoph Schmid  
Herr Ing. Robert Zuckerstätter  
Frau Lydia Lienbacher  
Frau Maria Lienbacher  
Herr Lukas Lohfeyer  
Herr Helmut Raith

Ich wünsche nun viel Freude beim Lesen dieser Diplomarbeit.

Andreas Lienbacher, Herbst 2015



## Abkürzungsverzeichnis:

SPS	Speicher Programmierbare Steuerung z.B. Siemens Simatic S7
S7	Ist die Abkürzung für die Siemens SPS Programmierumgebung „Step 7“
FAT	„Factory acceptance test“ ein Werkstest nach Abschluss der Inhouse Softwareerstellung zwecks Nachweis der grundsätzlichen / vollumfänglichen Funktionalitäten
WinCC	Entspricht dem Siemens Visualisierungstool „Windows Control Center“
HMI	Grafisches Visualisierungssystem Eine Einrichtung zur grafischen Bedienung eines Automatisierungs-Systems z.B. Siemens Win CC
DPL	Data Point List, eine Liste in der der gesamte Signalumfang von Eingängen und Ausgängen definiert ist.
Hz	Hertz, die Einheit für die Frequenz
ROI	Return on Investment
d.h.	das heißt
bzw.	beziehungsweise
vgl.	vergleiche
usw.	und so weiter

# 1. Einleitung

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Modularisierung einer Leittechniksoftware für Wasserkraftanlagen unter besonderer Berücksichtigung einer wirtschaftlichen kaufmännischen Betrachtung.

Das Hauptaugenmerk liegt hierbei nicht in den technischen sondern in den wirtschaftlichen, kaufmännischen Betrachtungsweisen.

Anhand eines Fallbeispiels soll die Entscheidungsfindung für eine Überarbeitung / Neuentwicklung einer komplett neuen modularen Systementwicklung, dargestellt werden.

Es erfolgt eine kurze technische Funktionserläuterung und eine Erläuterung der notwendigen Begriffe und Grundlagen eines Wasserkraftwerks im Kapitel 2.1 und 2.2

Im Kapitel 2.3 wird das Thema des Risikomanagements behandelt. Es erfolgt eine Risikobetrachtung mit anschließendem Vergleich der Soll und Ist Situation, die für ein Projekt dieser Größenordnung unumgänglich ist.

Als eine Maßnahme des Risikomanagements behandelt Kapitel 2.4 das Thema der Auswahl und der Einführung einer Maschinensimulationsumgebung um die entwickelte Software direkt testen zu können.

Im Gliederungspunkt 2.5 wird der Vergleich der Softwareentwicklung zwischen Ist und Soll mit einer abschließenden Berechnung von Wirtschaftlichkeit, Umsatzrentabilität und dem Return on Investment, behandelt.

Kapitel 3 betrachtet abschließend eine Zusammenfassung mit einer Ableitung weiterer Maßnahmen und Konsequenzen.

## **1.1. Problemstellung**

Die Marktentwicklung der Wasserkraft insbesondere für den Anlagenbau gegen Süd-Osten, im Speziellen nach Polen oder Kroatien führen zu einem erweiterten Wettbewerb, dem sogenannten „Käufermarkt“.

Unterschiedliche Ausprägungen nehmen Einfluss auf den Preisbildungsprozess. Die wesentlichsten Einflussgrößen sind dabei zum Einen die Organisationsform und zum Anderen das Verhältnis von Angebot zu Nachfrage.<sup>1</sup>

Auf Märkten in denen vor allem homogene Güter produziert werden, existieren seitens des Kunden keinerlei Präferenzen. Resultat ist, dass Nachfrager sofort vollständig auf einen kostengünstigeren Mitbewerber wechseln werden.<sup>2</sup>

Da derzeit der Wasserkraftmarkt als nahezu gesättigt zu betrachten ist, steigt der wirtschaftliche Kostendruck von Tag zu Tag. Somit ist für einen wirtschaftlichen Erfolg eine Kostenoptimierung in der Herstellung, der Produktion und der Projektabwicklung essentiell.

---

1 Vgl. Basseler, Ulrich; Heinrich, Jürgen; Utecht, Burkhard:  
Grundlagen und Probleme der Volkswirtschaft 19.Aufl. Schäfer 2010 Seite 167  
2 Vgl. Ebenda Seite 168

## **1.2. Zielsetzung**

Automatisierungstechnische - und Prozessorgesteuerte Steuerungsaufgaben finden mittlerweile in nahezu jedem Lebensbereich Einzug, ob dies nun die Gebäudeautomation, die Automation einer Industrieanlage oder die leittechnische Ausrüstung eines Kraftwerkes ist.

Für die jeweilige Aufgabe erfolgt eine Auswahl einer geeigneten Steuerung, zumeist eine SPS. Zum Betrieb dieser SPS ist ein Anwendungsprogramm in Form einer Steuerungssoftware notwendig.

Die Steuerungssoftware wird individuell auf die Anforderungen einer Anlage zugeschnitten und entsprechend entwickelt. Diese Entwicklung erfolgt durch speziell ausgebildete Steuerungsprogrammierer.

Die Entwicklung einer Steuerungssoftware erfordert Spezial-Know-how und ist entsprechend kostenintensiv. Es resultiert einer der größten Kostenfaktoren.

Ziel ist es nun aus der Vielfalt an Anforderungen einen modularen standardisierten Rahmen zu schaffen, der bei gleichzeitiger Produktivitätssteigerung, auch die Möglichkeit von Ergänzungen für individuelle spezifische Aufgaben bietet.

Die Devise lautet: Weg von der Programmierung, hin zur Parametrierung, wobei Raum für individuelle Anforderungen bestehen bleiben soll.

Da es bei einem Entwicklungsprojekt zu erheblichen finanziellen Investitionen kommt, soll ein Risikomanagementprozess durchgeführt werden, um etwaige ungewisse Faktoren plan- und kalkulierbar zu machen.

### **1.3. Methodisches Vorgehen**

Um die festgelegten Ziele zu erreichen, werden zuerst die für den Leser notwendigen Grundlagen erörtert und im weiteren Ablauf Vergleiche der IST und SOLL Situationen dargelegt.

Die Risikobetrachtung erfolgt in Kapitel 2.3. wobei die vorgestellten Verfahren auch direkt Anwendung finden. Hier werden die gewonnenen Erkenntnisse am praktischen Beispiel der Softwareentwicklung veranschaulicht.

Im Kapitel 2.4 findet die sogenannte Entscheidungsmethodik Anwendung. Für jede erstellte Software muss ein Softwaretest erfolgen. Es erfolgt eine Analyse der am Markt befindlichen Produkte, eine Einschränkung und eine Detailentscheidung für eine Plattform.

Im Kapitel 2.5 wird auf die Ist und Soll Situation der Softwareentwicklung ergänzt um Produktivitätskennzahlen eingegangen. Anschließend erfolgt eine Auswertung der gesammelten Daten.

Im letzten Kapitel (drei) erfolgt eine Zusammenfassung mit dem Vergleich des bisherigen Aufwandes mit dem ermittelten Soll Aufwand aus Kapitel 2.5.

Ein weiterer Ausblick und weitere Maßnahmen werden anschließend betrachtet und für den Leser abgeleitet.

.

## **2. Modularisierung der Leittechniksoftware für Wasserkraftanlagen unter besonderer Berücksichtigung einer wirtschaftlich kaufmännischen Betrachtung**

### **2.1. Technische Grundlagen**

Im Kapitel 2.1 werden die notwendigen technischen Grundlagen behandelt, beginnend mit der Speicherprogrammierbaren Steuerung, gefolgt von den Wasserturbinentypen, ergänzt um die eingesetzten Erzeugungsmaschinen, auch Generatoren genannt.

#### **2.1.1. Definition Wasserkraftwerk**

„Für die Nutzung des Wasserkraftpotenzials, d. h. für die Überführung der Wasserkraft in mechanische Arbeit bietet sich das Rad an. Es gestattet die Umsetzung von Wassergewicht, Wassergeschwindigkeit oder Wasserdruck in den Antrieb von Schöpfwerken, Transmissionen, Mühlsteinen, Hammerwerken, Sägen usw. In der weiteren technischen Entwicklung entsteht in der Neuzeit aus dem Wasserrad die Wasserturbine mit all ihren unterschiedlichen Gestaltungsformen.“<sup>3</sup>

Ein Wasserkraftwerk dient zur Erzeugung elektrischer Energie unter Zuhilfenahme geeigneter technischer Einrichtungen, die die Umwandlung von kinetischer Energie (Lageenergie aus dem Gewicht des Wassers) in Form von Bewegungsenergie in elektrische Energie durchführen.<sup>4</sup>

---

3 Giesecke, Jürgen; Mosonyi, Emil: Wasserkraftanlagen 5. Aktualisierte und Erweiterte Aufl. Springer 2009 Seite 4

4 Vgl. ebenda Seite 6

### **2.1.2. Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)**

Eine SPS verarbeitet Eingänge und Ausgänge, diese können sowohl binär als auch analog sein. Als Eingangssignale können Sensoren, Bedientaster oder Positionsgeber verstanden werden. Das SPS Programm ist dabei auf einer Speicherkarte in der SPS gespeichert.

Eine SPS verfügt über einen Programm und einen Ablaufspeicher und entspricht weitestgehend einer „von Neumann“ <sup>5</sup> Rechner Architektur. An den Ausgängen sind Aktoren, Lampen, Relais oder Motoren anzutreffen.<sup>6</sup>

Der Programmablauf einer SPS beginnt damit die Eingangssignale einzulesen und in ein Prozessabbild zu speichern, das Steuerungsprogramm abzuarbeiten und die verarbeiteten Prozesssignale an den Ausgängen auszugeben.<sup>7</sup>

Zu Beginn eines neuen Programmzykluses werden die Eingänge eingelesen und in ein sogenanntes Prozessabbild geschrieben werden.

Eine SPS verarbeitet das Steuerungsprogramm zyklisch ablaforientiert, die Zykluszeit variiert je nach Steuerungstyp und dem Ablaufprogramm. Der gängige Zyklus einer Siemens Simatic CPU1516-2PN/DP beträgt um die 250ms.

---

5 Zur Vertiefung: Elektronik Kompendium: Computer Architektur

URL: <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/com/1309261.htm>, Abrufdatum 11.08.2015

6 Weiterführende Informationen sind auf der Siemens Homepage unter der URL:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/21064245/simatic-s7-architektur?dti=0&lc=de-WW> verfügbar

7 Vgl. Technische Hochschule Mittelhessen: Grundwissen SPS-Technik

URL: <https://homepages.thm.de/~mlth53/wp-content/uploads/2010/04/sps.pdf> Seite 4 ff

Abrufdatum 11.08.2015

### 2.1.3. Turbinentypen

In diesem Gliederungspunkt werden die drei gängigsten Wasserturbinen beschrieben, der Einsatzbereich, die Vor- und Nachteile eruiert und um technische Daten ergänzt.

Grundsätzlich entscheidet sich der Einsatz der Turbinentypen an dem vorhandenen Wasserdruck (Fallhöhe) und an der vorhandenen Wassermenge.

Eine grobe Einteilung der eingesetzten Turbinentypen veranschaulicht folgende Abbildung:

Entwurfsbasis	Niederdruckanlagen $h_f < 15 \text{ m}$	Mitteldruckanlagen $h_f = 15-50 \text{ m}$	Hochdruckanlagen $h_f > 50 \text{ m}$
1. topografische Lage	Flachland (Hügelland)	Mittelgebirge	Mittel-/Hochgebirge
2. Baugrund	vorwiegend Lockergestein	Felsgestein	Felsgestein
3. Stauhaltung	feste und bewegliche Wehre	Talsperren (Dämme oder Staumauern)	Talsperren (Dämme oder Staumauern)
4. Triebwasserführung	Fluss-/Ausleitungskraftwerke	Ausleitungskraftwerke, seltener Flusskraftwerke	Ausleitungskraftwerke oder Kraftwerke mit Triebwasserstollen
5. Wesentliche Bauelemente	Einlauf - Maschinenhaus - Auslauf	Einlauf - Druckrohrleitung/-stollen - Maschinenhaus - Auslauf	Einlauf - Druckstollen - Wasserschloss - Druckrohrleitung - Maschinenhaus - Auslauf
6. Hydraulische Maschinen	Kaplan-/Propeller-/Rohr-/Francis-Turbinen	Francis-/Kaplan-/Propeller-Turbinen	Francis-/Pelton-Turbinen
	bei gleicher Maschinenleistung:		
	Einheiten großer Abmessungen	Einheiten mittlerer Abmessungen	Einheiten kleiner Abmessungen
	vertikale oder horizontale Wellenanordnung (geneigt bei Rohr- und teilweise Propellerturbinen)	vertikale oder horizontale Wellenanordnung	vertikale oder horizontale Wellenanordnung
7. Generatoren/Hydrogeneratoren	Generatoren mit großer Polzahl	Generatoren normaler Bauart	Generatoren normaler Bauart
	Generator unmittelbar gekuppelt/mit Getriebe		
8. Ausmaß der Speicherung	Laufkraftwerke oder Tagesspeicherung	Tages- oder Wochenspeicherung	Tages- bis Überjahresspeicherung
9. Vorwiegende Energieerzeugung	schwankend, u. U. unterbrochen	kleinere Schwankungen, stetig	in Anpassung an den Bedarf
10. Lastbereich im Verbundbetrieb	Grundlastkraftwerk im Verbundbetrieb	Grundlastkraftwerk im Verbundbetrieb	Grund-/Mittel-/Spitzenkraftwerk

Abbildung 1: Turbinenauswahl <sup>8</sup>

<sup>8</sup> Abbildung Giesecke, Jürgen; Mosonyi, Emil: Wasserkraftanlagen 5. Aktualisierte und Erweiterte Aufl. Springer 2009



### 2.1.3.1. Francis Turbine

Die Francis Turbine wurde von dem Engländer Francis im Jahre 1849 durch die Optimierung von Überdruckturbinen erfunden.<sup>9</sup>

„Francis-Turbinen sind radial von außen nach innen durchströmte und axial ausströmende Überdruckturbinen, die sowohl mit horizontaler als auch mit vertikaler Welle ausgeführt werden können. Bei Fallhöhen bis zu 600 m oder gar darüber und Leistungen von derzeit ca. 750 MW überdeckt sich ihr Einsatzgebiet mit dem der Pelton-Turbine.“<sup>10</sup>

Haupteinsatzgebiet der Francis Turbine ist jedoch der Mitteldruckbereich bei Fallhöhen von 15 bis rund 50 Meter.

Die Regulierung erfolgt über ein Stellglied, dem sogenannten Leitapparat.

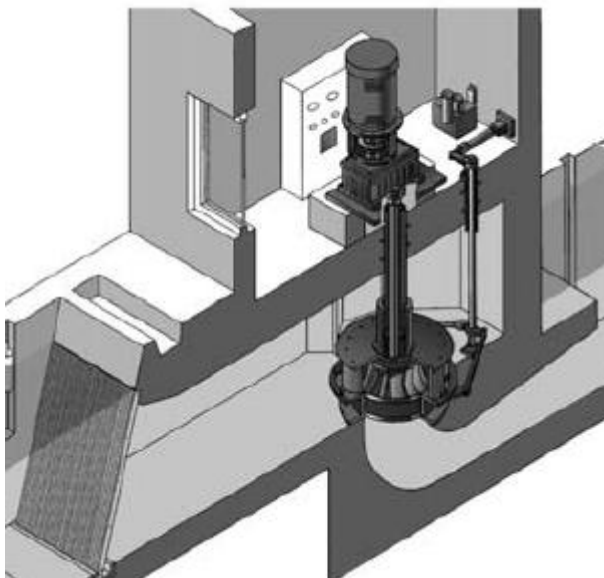


Abbildung 2: Francis Turbine<sup>11</sup>

---

9 Vgl. Giesecke, Jürgen; Mosonyi, Emil: Wasserkraftanlagen 5. Aktualisierte und Erweiterte Aufl. Springer 2009 Seite 7

10 Ebenda Seite 585

11 Abbildung ebenda Seite 586

### **2.1.3.2. Kaplan Turbine**

Die Kaplan Turbine ist eine Weiterentwicklung der Francis Turbine, welche durch den Österreicher Victor Kaplan 1913 als eine Propellerturbine mit feststehenden Laufradschaufeln patentiert wurde. Kurz danach erfolgte ein weiteres Patent für eine Turbine mit beweglichen Laufradschaufeln für den Einsatz bei Niederdruckanlagen. Diese Turbinenart erinnert an eine umgekehrt wirkende Schiffsschraube.<sup>12</sup>

Bei Kaplan Turbinen handelt es sich um Axialturbinen, die sowohl horizontal als auch vertikal hergestellt werden. Kaplan-Turbinen haben bewegliche Laufradschaufeln, wodurch sie über einen großen Beaufschlagungsbereich einen guten Wirkungsgrad erreichen.<sup>13</sup>

Sie sind vor allem in Laufkraftwerken anzutreffen, wo geringe Fallhöhen und sehr große Wassermengen vorhanden sind. Diese Niederdruckanlagen betreffen Fallhöhen bis 80m. Des Weiteren kommen Propellerturbinen dort zum Einsatz, wo entweder ein sehr gleichmäßiger Durchfluss zu erwarten ist oder wo mehrere Maschinen in einem Krafthaus installiert sind, da der Wirkungsgrad sehr stark von der Beaufschlagung abhängig ist.<sup>14</sup>

---

12 Vgl. Giesecke, Jürgen; Mosonyi, Emil: Wasserkraftanlagen 5. Aktualisierte und Erweiterte Aufl. Springer 2009 Seite 7

13 Vgl. ebenda Seite 569

14 Vgl. ebenda Seite 570

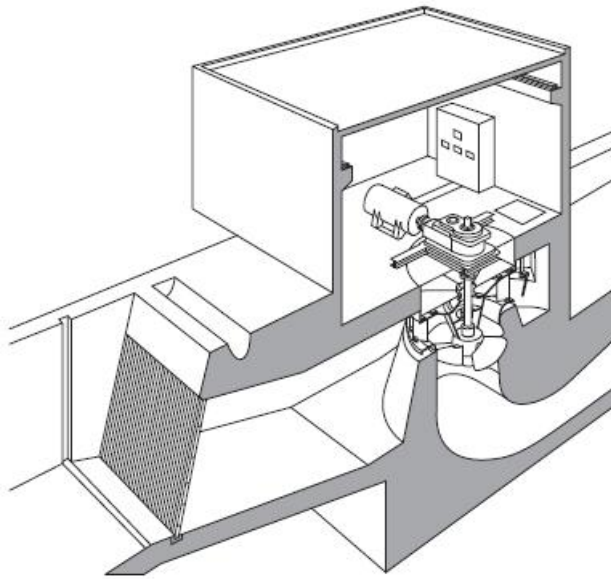


Abbildung 3: Kaplan turbine <sup>15</sup>

Die Regelorgane der Kaplan turbine sind der Leitapparat (ähnlich der Francis turbine) und zusätzlich die Laufradschaufeln. Eine korrekte Regelung und demzufolge einen optimalen Wirkungsgrad ergeben der Zusammenhang zwischen Leitapparat und Laufrad, bei dem die Durchströmgeschwindigkeit und die Wasserbeaufschlagung genauer als bei der Francis turbine geregelt werden kann.

---

<sup>15</sup> Abbildung Giesecke, Jürgen; Mosonyi, Emil: Wasserkraftanlagen 5. Aktualisierte und Erweiterte Aufl. Springer 2009 Seite 572

### 2.1.3.3. Pelton Turbine

Der Amerikaner Pelton führte die Freistrahlturbine zu der heutigen modernen Form einer Gleichdruckmaschine im Jahre 1890. <sup>16</sup>

Die Pelton-Turbine stellt eine Freistrahlturbine dar, welche ihre besonderen Vorteile vor allem bei geringen bis mittleren Durchflüssen und einer relativ großen Fallhöhe entfalten kann. Aufgrund der sehr guten Regeleigenschaften dieses Maschinentyps werden Pelton Turbinen auch zu Deckung des Spitzenbedarfs eingesetzt. <sup>17</sup>

Bei der Pelton Turbine entströmt das Triebwasser dem Druckrohr durch eine Düse mit verstellbarer Austrittsöffnung als dünner Wasserstrahl und trifft auf ein mit Schaufeln besetztes Laufrad. Aus der Ablenkung des Wasserstrahls, dem sogenannten Strahlablenker der die Schaufel mit Wasser beaufschlagt, entsteht eine Impulskraft, deren Größe von der Bewegungsgeschwindigkeit des Laufrades abhängt. <sup>18</sup>

Einsatz findet die Pelton Turbine bei sehr großen Fallhöhen > 50 Meter und entsprechenden höheren Wasserdrücken von > 5 bar. Sie gilt als Hochdruckanlage.

Als Anwendungsbeispiel sind im Tiroler Silz Pelton Turbinen mit einer Leistung von 266 Megawatt bei einem Druck von 123 - 125 bar installiert. <sup>19</sup>

---

16 Vgl. Giesecke, Jürgen; Mosonyi, Emil: Wasserkraftanlagen 5. Aktualisierte und Erweiterte Aufl. Springer 2009 Seite 7

17 Vgl. ebenda Seite 592

18 Vgl. ebenda Seite 593

19 Tiroler Wasserkraft AG: Kraftwerksgruppe Sellrain-Silz Kraftwerk Silz URL:

[https://www.tiroler-wasserkraft.at/www\\_tiwag/de/hn/stromerzeugung/kraftwerkspark/silz/index.php](https://www.tiroler-wasserkraft.at/www_tiwag/de/hn/stromerzeugung/kraftwerkspark/silz/index.php)

Abrufdatum 11.08.2015

Ein Hochdruck Wasserstrahl tritt aus der sogenannten Peltondüse aus, ein sogenannter Strahlablenker, schneidet diesen Wasserstrahl an. Die Drehzahlregelung, welche für die Synchronisierung (50Hz) notwendig ist, erfolgt über den Strahlablenker.

Befindet sich die Turbine im Netzbetrieb, ist der Strahlablenker vollständig ausgeschwenkt und schneidet den Wasserstrahl nicht mehr an. Die Regelung der Wassermenge erfolgt nun über die Düsenpositionierung. Je nach Maschinenausrichtung werden bis zu sechs Wasserstrahldüsen installiert.

Es können somit bis zu sieben Stellorgane Einsatz finden.

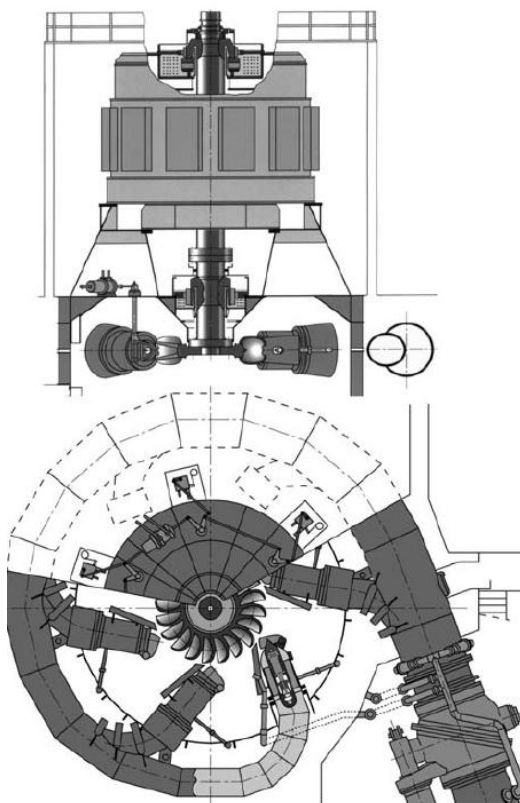


Abbildung 4: Peltonturbine <sup>20</sup>

## **2.1.4. Generatortypen**

In diesem Abschnitt werden die beiden Generatortypen, die wesentlichen Unterschiede im elektrotechnischen Sinne, ergänzt um die technischen Anforderungen an die Ausstattung und an die Regelungsarten, behandelt.

Ein Generator dient zur Erzeugung von elektrischer Energie durch Transformation von kinetischer Bewegungsenergie in elektrische Energie.

### **2.1.4.1. Asynchrongenerator**

Ein Asynchrongenerator besteht aus einem Läufer und einem Ständer, welches das geschichtete isolierte Eisenpaket und die Ständerwicklung aufnimmt. Der Läufer trägt das geschichtete Blechpaket welches ebenfalls die Läuferwicklung trägt.<sup>21</sup>

Der Asynchrongenerator ist gleichbedeutend mit einem Asynchronmotor der mit übersynchroner Drehzahl angetrieben wird, somit beträgt der sogenannte Schlupf  $s < 0$ .<sup>22</sup>

Der Schlupf ist bei Asynchrongeneratoren der Unterschied zwischen der Läuferdrehzahl des Generators und dem rotierenden elektrischen Feld des Energienetzes.<sup>23</sup> Ein Drehmoment ergibt sich sodann nur wenn die Generatordrehzahl höher ist als die Drehzahl (das Drehfeld) des synchronen Netzes.<sup>24</sup>

---

21 Vgl. Fischer, Rolf: Elektrische Maschinen 13. Aufl. Hanser 2006 Seite 170

22 Vgl. ebenda Seite 197

23 Vgl. Lexikon Wissen, Schlupf URL: <http://www.wissen.de/lexikon/schlupf-elektrotechnik>  
Abrufdatum 03.12.2015

24 Vgl. Gloor, Rolf, Asynchronmaschine URL: <http://www.energie.ch/asynchronmaschine>  
Abrufdatum 03.12.2015

Der Asynchrongenerator benötigt auch im Leerlauf ein geringes Moment und kann aufgrund der eigenen Reibungsverluste die Drehzahl nicht exakt zum Netz halten und läuft daher asynchron zum Netz, eine Synchronisierung ist technisch nicht möglich und wird dadurch auch überflüssig.<sup>25</sup>

Die Zuschaltung an das Stromnetz und die Regelung ist dabei sehr einfach. Die Turbine wird auf Drehzahl gebracht, in Westeuropa sind dies 50 Hz. Ist der Bereich zwischen 49,5 Hz und 50,2 Hz erreicht so wird der Generator an das Netz geschaltet. Die Drehzahlführung übernimmt nun das elektrische Stromnetz.

Es wird nur noch die beaufschlagte Wassermenge reguliert.

Die Vorteile dieses Generatortyps liegen insbesondere in der Kostenersparnis gegenüber dem Synchrongenerator. So entfallen die sogenannte Synchronisierung und Installationsaufwand. Weitere Regelorgane sind nicht notwendig.

Die Nachteile sind: Es ist kein Inselbetrieb möglich, es kann keine Blindleistung erzeugt werden und eine sogenannte Blindleistungskompensationsanlage kann nötig werden.

Diese Kompensationsanlage gleicht mittels Kondensatoren die aus dem Netz bezogene Blindleistung gegen null aus.

---

<sup>25</sup> Vgl. Fischer, Rolf: Elektrische Maschinen 13. Aufl. Hanser 2006 Seite 197

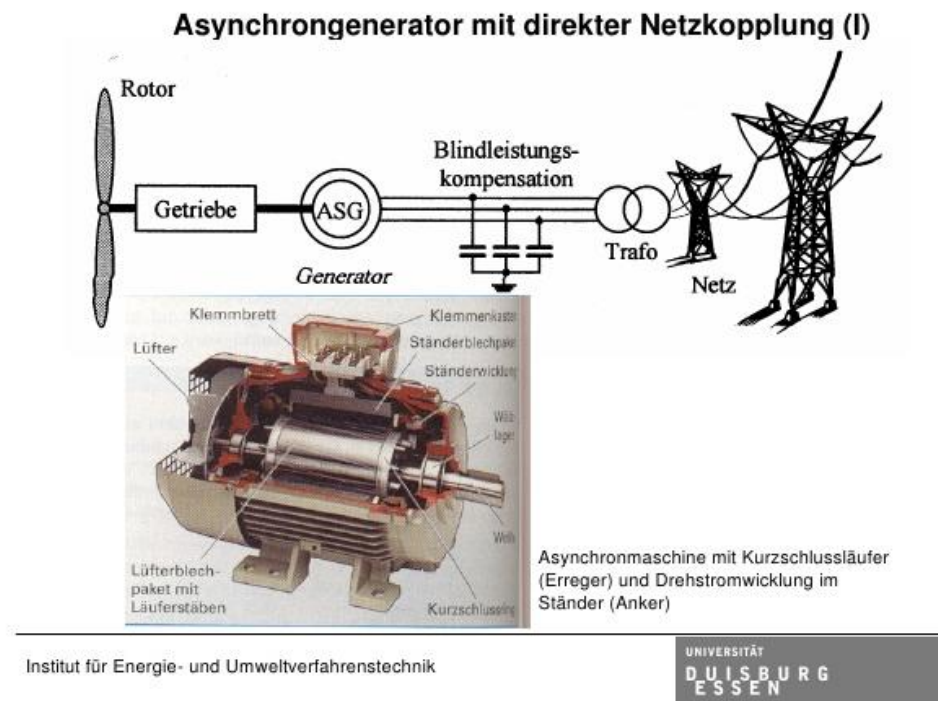


Abbildung 5: Asynchrongenerator<sup>26</sup>

26 Abbildung: Universität Duisburg Essen Institut für Energie- und Umweltverfahrenstechnik:  
Regenerative Energie technique II Wind Energy Part 3 , URL:  
<http://de.slideshare.net/arjunbhattarai/vorlesung-2009-wind3> Abrufdatum 11.08.2015



#### **2.1.4.2. Synchrongenerator**

Grundsätzlich ist der mechanische Aufbau des Synchrongenerators, Ständer und Läufer, ähnlich dem des Asynchrongenerators. Die wesentlichen Unterschiede betreffen die Konstruktion zur Erzeugung des Erregergleichfeldes.<sup>27</sup>

„Bei einem Synchrongenerator wird für die Läuferwicklung ein einstellbarer Gleichstrom benötigt. Dieser wird durch das Erregersystem geliefert, dessen Regeleinrichtungen vor allem die Spannungshaltung und die Blindlaststeuerung im stationären und dynamischen Betrieb (Laststöße) übernehmen.“<sup>28</sup>

Bei diesem Generator dreht sich der Läufer synchron zum Drehfeld des Stromnetzes. Eine Synchronisierung ist deshalb unumgänglich. Die wichtigsten Parameter zur Synchronisierung sind die Frequenz, die Spannungsamplitude und der Phasenwinkel im Drehstromnetz.

Des Weiteren ist ein Erregersystem notwendig, das das Erregerfeld regelt. Im Leerlaufbetrieb wird hiermit die Generatorspannung gesteuert. Im Netzbetrieb hingegen wird mit der Generatorspannung das Verhältnis zwischen Blind- und Wirkleistung, der sogenannte  $\cos \Phi$  gesteuert.

Die Vorteile dieses Generatortyps, liegen insbesondere im erweiterten Betriebsmodus, so kann Blindleistung sowohl erzeugt als auch vernichtet werden. In Fachkreisen wird dies als induktiver oder kapazitiver Betriebsmodus bezeichnet. Eine Limitierung der Baugröße existiert nur durch die Einschränkungen der Materialien.

Die Nachteile sind: Mehrere Regelungsarten sind notwendig, ebenso ein Erregersystem. Bei Fehlbedienung, insbesondere Fehlsynchronisierung ist eine Zerstörung des Generators sehr wahrscheinlich.

---

<sup>27</sup> Vgl. Fischer, Rolf: Elektrische Maschinen 13. Aufl. Hanser 2006 Seite 285

<sup>28</sup> ebenda Seite 289

Die folgende Abbildung verdeutlicht den Prinzip Aufbau eines Synchrongenerators.

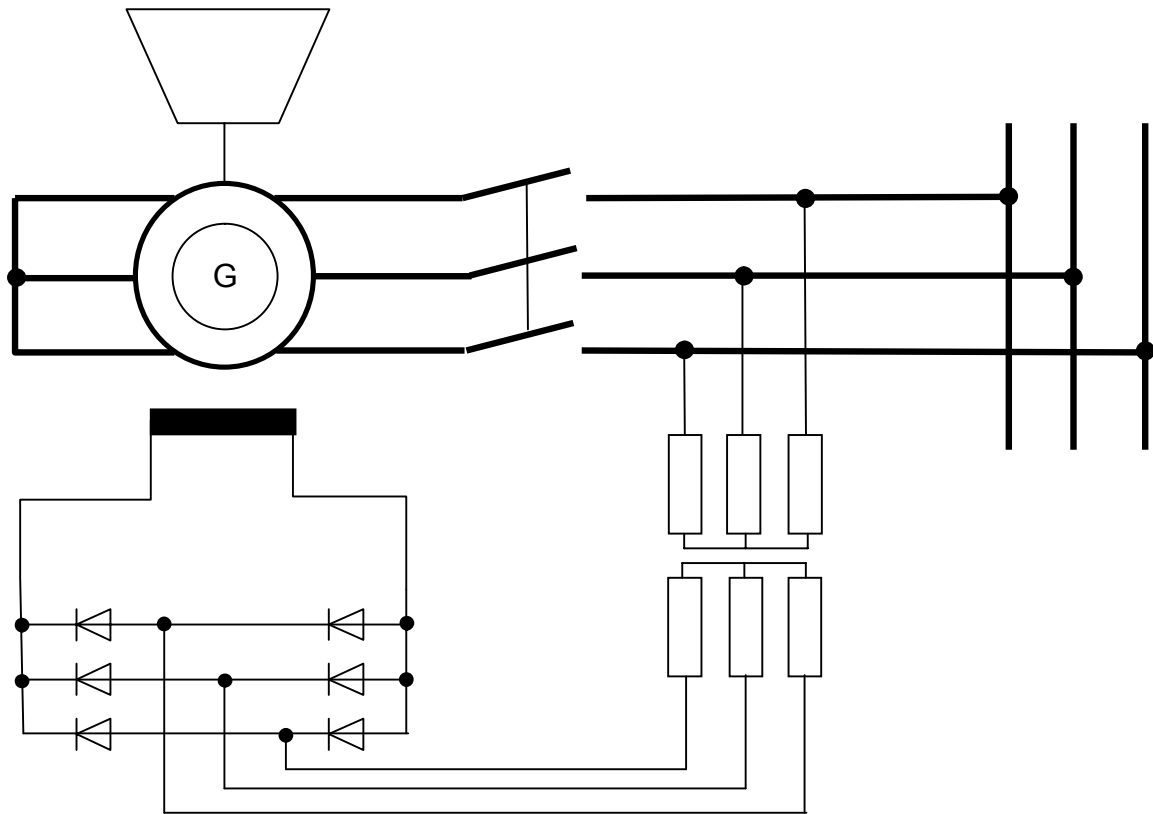


Abbildung 6: Prinzip Aufbau Synchrongenerator <sup>29</sup>

<sup>29</sup> Vgl. Gorbach, Harald: Drehstrom-Synchronmaschine als Generator

URL: [http://el-gor.at/ECMS/page\\_view.php?Beruf=EMT&Seite=FK2f.php&Fach=FK&Gebiet=MAK&Jahrgang=2&id=28#](http://el-gor.at/ECMS/page_view.php?Beruf=EMT&Seite=FK2f.php&Fach=FK&Gebiet=MAK&Jahrgang=2&id=28#) Abrufdatum 09.12.2015

## 2.2. Kaufmännisch, wirtschaftliche Grundlagen

Im Kapitel 2.2 werden notwendige kaufmännisch, wirtschaftliche Grundlagen erörtert und beschrieben, gefolgt von einem Auswahlverfahren. Diese Grundlagen und das Auswahlverfahren werden Kapitel 2.4 und Kapitel 2.5 an einem direkten Fallbeispiel angewandt.

### 2.2.1. Produktivität

Produktivität ist die Ergiebigkeit der betrieblichen Faktorkombination, sie gibt das Verhältnis von Output (Ausbringung) zu Input (Faktoreinsatz) an, und entspricht einem Zahlenwert.<sup>30 31</sup>

$$\text{Produktivität} = \frac{\text{Ausbringung}}{\text{Faktoreinsatz}}$$

Betrachtet man die Produktivität für sich alleine, so lässt sich aus dem ermittelten Wert keine Aussage machen. Erst durch die Kombination mit anderen Produktivitäten z.B. von Konkurrenten oder aus den Vorjahren lassen sich brauchbare Daten ableiten.

---

30 Vgl. Gabler Wirtschaftslexikon, Produktivität, URL:

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/55467/produktivitaet-v6.html> Abrufdatum 12.08.2015

31 Vgl. Vahs, Dietmar; Schäfer-Kunz, Jan: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre Schäffer Pöschel 6. Überarbeitete Auflage 2012 Seite 40

Neben der Standardproduktivität lassen sich aufgrund eines Produktionsprozesses noch faktorabhängige Teilproduktivitäten ableiten.<sup>32</sup>

$$\text{Materialproduktivität} = \frac{\text{Erzeugte Menge}}{\text{Materialeinsatz}}$$

$$\text{Arbeitsproduktivität} = \frac{\text{Erzeugte Menge}}{\text{Arbeitsstunden}}$$

### 2.2.2. Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit ist Ausdruck dafür, inwieweit eine Tätigkeit dem Wirtschaftlichkeitsprinzip genügt<sup>33</sup> und spiegelt die Effizienz wieder. Sie wird im Gegensatz zur Produktivität nicht in Faktoren sondern in Wertbeträgen angegeben.<sup>34</sup>

$$\text{Wirtschaftlichkeit} = \frac{\text{wertmäßiger Faktorertrag}}{\text{wertmäßiger Faktoreinsatz}}$$

---

32 Vgl. Lampe, Julia, Universität Regensburg: Eine kurze Einführung in die Betriebswirtschaftslehre  
URL: [www.wiwi.uni-regensburg.de/.../files/.../B4B%20Einfuehrung.PDF](http://www.wiwi.uni-regensburg.de/.../files/.../B4B%20Einfuehrung.PDF) Abrufdatum 12.08.2015

33 Vgl. ebenda Abrufdatum 12.08.2015

34 Vgl. Welt der BWL, Wirtschaftlichkeit URL: <http://www.welt-der-bwl.de/Wirtschaftlichkeit>  
Abrufdatum 12.08.2015

### 2.2.3. Rentabilität

Als Rentabilität wird das Verhältnis einer bestimmten Erfolgsgröße zum eingesetzten Kapital einer Rechnungsperiode bezeichnet.<sup>35</sup>

In der Praxis existieren mehrere unterschiedliche Rentabilitätsgrößen, zum Beispiel die Eigenkapitalrentabilität, die Gesamtkapitalrentabilität und die Umsatzrentabilität.

Die Eigenkapitalrentabilität setzt vor allem das Eigenkapital als Faktorengröße ein, und beschreibt wie das Eigenkapital in Bezug auf den Gewinn eingesetzt wurde. Der Wert wird in % angegeben und entspricht einem Zinssatz.<sup>36</sup>

Bei der Fremdkapitalrentabilität liegt stattdessen die Grundlage auf dem Fremdkapital, die Gesamtkapitalrentabilität berücksichtigt sowohl das Fremd- als auch das Eigenkapital.

$$\text{Eigenkapitalrentabilität} = \frac{\text{Gewinn}}{\text{Eigenkapital}} \times 100 [\%]$$

$$\text{Gesamtkapitalrentabilität} = \frac{\text{Gewinn} + \text{Fremdkapitalzinsen}}{\text{Gesamtkapital}} \times 100 [\%]$$

$$\text{Umsatzrentabilität} = \frac{\text{Gewinn}}{\text{Umsatz}} \times 100 [\%]$$

In der Praxis wird die Umsatzrentabilität auch als Return on Investment, kurz ROI bezeichnet.<sup>37</sup>

---

35 Vgl. Gründerszene, Rentabilität URL: <http://www.gruenderszene.de/lexikon/begriffe/rentabilitaet>  
Abrufdatum 12.08.2015

36 Vgl. Ebenda Abrufdatum 12.08.2015

37 Vgl. Gevestor, Return on Investment - Beispiel zum Projektvergleich URL:  
<http://www.gevestor.de/details/return-on-investment-beispiel-zum-projektvergleich-648213.html>  
Abrufdatum 01.10.2015

## 2.2.4. Return on Investment

Dieses Kennzahlensystem spiegelt eine direkte Anwendung der Produktivitätskennzahlen wider. Es setzt sich aus zwei Erfolgsfaktoren zusammen, Umsatzrentabilität und Kapitalumschlag.<sup>38</sup>

Das Return on Investment Kennzahlensystem (ROI System) wurde bereits 1919 vom Chemiekonzern DuPont entwickelt. An der Spitze dieses Systems steht eine Rentabilitätskennzahl und entspricht in seiner Definition einer Gesamtkapitalrentabilität.<sup>39</sup>

Dieses System veranschaulicht vor allem den Einfluss von Erträgen, den Aufwendungen, des Vermögens und des Kapitals auf die Rentabilität des vom Unternehmen investierten Kapitals. Anwendung findet das ROI System vor allem für eine finanzwirtschaftlich orientierte Steuerung eines Unternehmens.<sup>40</sup>

Es ist ein System das das Verhältnis zwischen Gewinn und investierten Kapital veranschaulicht und wird zumeist als Maßstab für die Rentabilität verwendet.<sup>41</sup>

---

38 Vgl. Sykasoft, SHK-SHK Betriebe keine Angst vor Basel II

URL: <http://www.sykasoft.de/basel2.htm> Abrufdatum 12.08.2015

39 Vgl. Vahs, Dietmar; Schäfer-Kunz, Jan: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre Schäffer Pöschel  
6. Überarbeitete Auflage 2012 Seite 390

40 Ebenda

41 Vgl. Wirtschaftslexikon, Return on Investment

URL: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/return-on-investment/return-on-investment.htm>

Abrufdatum 12.08.2015

Der ROI Baum veranschaulicht den Zusammenhang einzelner Kennzahlen und verdeutlicht dabei den Einfluss der Umsatzrentabilität und den Kapitalumschlag und deren Zusammensetzung.

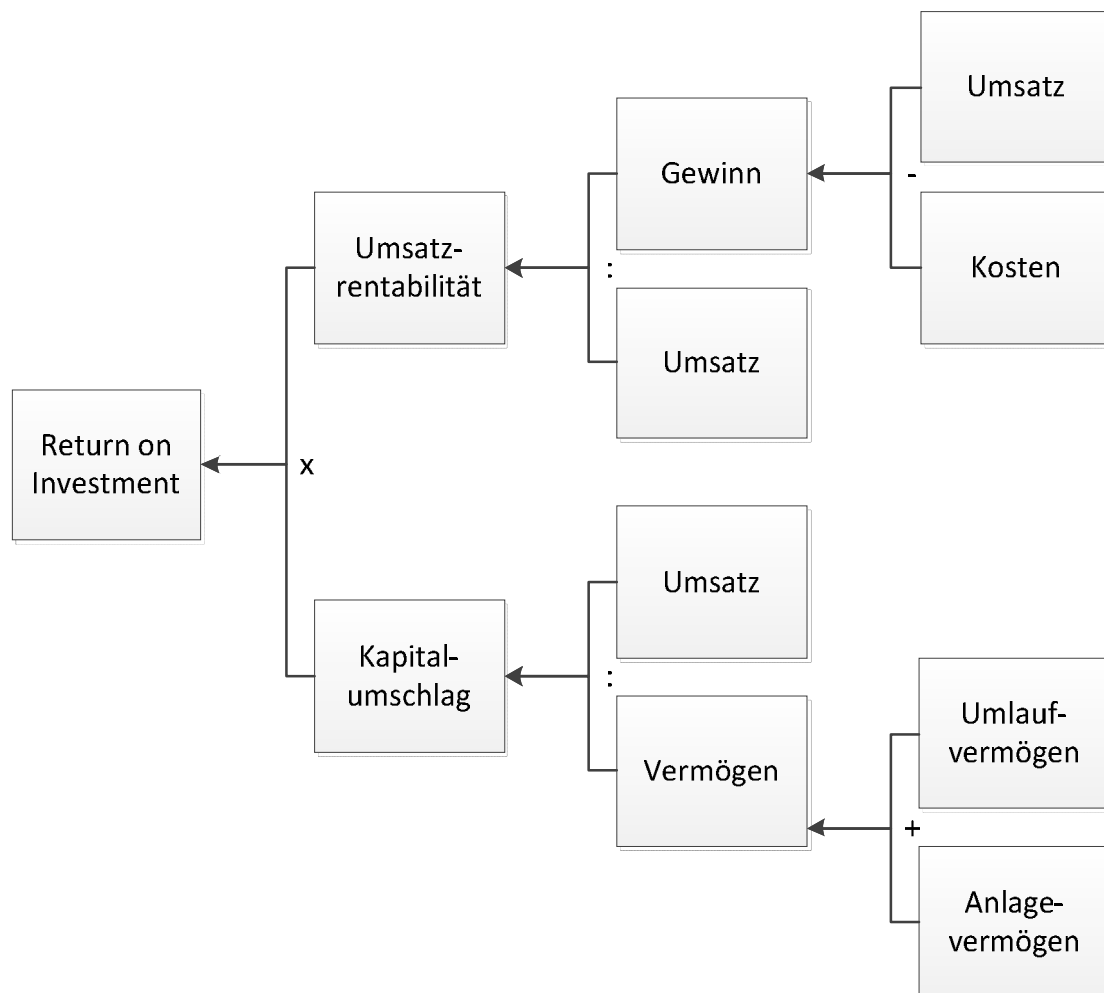


Abbildung 7: Faktoren des ROI <sup>42</sup>

Eine weitere Definition für den ROI: „Investment ist das, was aus dem Investment zurückkehren soll“. Er drückt somit das Gewinnziel aus. Der Gewinn wird auf das investierte, betriebsnotwendige Vermögen bezogen. <sup>43</sup>

42 Stelling, Johannes N: Kostenmanagement und Controlling 3. Unveränderte Aufl. Ouldenbourg 2009 Seite 277

43 Wirtschaftslexikon, Return on Investment

URL: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/return-on-investment/return-on-investment.htm>

Abrufdatum 12.08.2015

Die Berechnungsformel für den ROI lautet: <sup>44</sup>

$$\text{Return on Investment} = \text{Umsatzrentabilität} \times \text{Kapitalumschlag}$$

$$= \frac{\text{Gewinn}}{\text{Umsatz}} \times \frac{\text{Umsatz}}{\text{Kapital}}$$

Der ROI auf ein Projekt oder eine Produktentwicklung bezogen, berechnet sich nach der Formel:

$$ROI = \frac{\text{Gewinn}}{\text{Investiertes Kapital}} \times 100 [\%]$$

Der ROI zeigt das Verhältnis zwischen Gewinn und investiertem Kapital. <sup>45</sup>

---

44 Vgl. Stelling, Johannes N: Kostenmanagement und Controlling 3. Unveränderte Aufl. Ouldenbourg 2009 Seite 277

45 Gevestor, Return on Investment - Beispiel zum Projektvergleich

URL: <http://www.gevestor.de/details/return-on-investment-beispiel-zum-projektvergleich-648213.htm>

Abrufdatum 01.10.2015



## 2.2.5. „Break Even“ Analyse

Die Break Even Analyse, die auch als Gewinnschwellenanalyse <sup>46</sup> bezeichnet wird, ist ein Verfahren, auf die Stückzahl bezogen. Hierbei dreht sich alles um den sogenannten „Break Even“ Point, bei dem Erlöse und Kosten gleich hoch sind. <sup>47</sup>

Die Formel dazu lautet <sup>48</sup>:

$$X_{Be} = \frac{K_f}{p - k_v}$$

$X_{BE}$	Break Even Menge
$K_f$	fixe Kosten
$p$	Verkaufspreis
$K_v$	variable Stückkosten

Auf ein Entwicklungsprojekt bezogen ändern sich die Faktoren auf:

$K_f$	Entwicklungskosten
$p$	Produktverkaufspreis
$K_v$	Herstellungskosten

---

46 Vgl. Vahs, Dietmar; Schäfer-Kunz, Jan: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre Schäffer Pöschel 6. Überarbeitete Auflage 2012 Seite 502

47 Vgl. Grünstäudl, Martin: Gründerlexikon: Break-Even-Point Gewinnschwelle

URL: <http://www.gruendungswissen.at/gruendungswissen/blog-post/2010/06/14/gruenderlexikon-break-even-point-gewinnschwelle> Abrufdatum 01.10.2015

48 Vgl. Vahs, Dietmar; Schäfer-Kunz, Jan: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre Schäffer Pöschel 6. Überarbeitete Auflage 2012

## 2.2.6. Amortisationsberechnung

„Bei der Amortisationsrechnung wird der Zeitraum ermittelt, der benötigt wird, um das investierte Kapital über die Rückflüsse zurückzugewinnen.“<sup>49</sup>

Die Amortisation, gibt somit die Zeitperiode an, ab der sich eine Investition rechnet.

„Eine Investition hat sich dann amortisiert, wenn das Volumen der angesammelten, zurückgeflossenen Erträge den Investitionsbetrag überschritten hat.“<sup>50</sup>

Die Berechnungsformel bei der Durchschnittsmethode lautet:<sup>51</sup>

$$\text{Amortisationsdauer} = \frac{\text{Investitionsauszahlung } I_0}{\text{Durchschnittlicher Rückfluss } R} [\text{Jahre}]$$

---

49 Vahs, Dietmar; Schäfer-Kunz, Jan: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre Schäffer Pöschel 6. Überarbeitete Auflage 2012 Seite 564

50 Wirtschaftslexikon, Amortisation

URL: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/amortisation/amortisation.htm> Abrufdatum 01.10.2015

51 Vahs, Dietmar; Schäfer-Kunz, Jan: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre Schäffer Pöschel 6. Überarbeitete Auflage 2012

## 2.2.7. Entscheidungstheorie und Nutzwertanalyse

Entscheidungstechniken sind mathematisch-heuristische Verfahren, die das Management bei der Auswahl verschiedener Alternativen unterstützen. Dieser Auswahlprozess soll vor einer Fehlentscheidung bewahren und ein optimales Ergebnis der Auswahl erzielen. Dennoch können sie den Entscheidungsprozess nicht vollständig übernehmen, aber als unterstützendes Werkzeug Einsatz finden.<sup>52</sup>

Beispiele für die Anwendung der Entscheidungstheorie können sein:<sup>53</sup>

- Auswahl der Rechtsform
- Investitionsplanung
- Standortauswahl
- Beurteilung unterschiedlicher Alternativen

„Die Nutzwertanalyse ist die Analyse einer Menge komplexer Aktionen im Hinblick auf die Ordnung der Elemente entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems. Die Abbildung dieser Ordnung erfolgt durch die Angabe von Nutzwerten  $N_i$  als Gesamtwerte der Aktionen  $A_i$ .“<sup>54</sup>

---

52 Vgl. Stelling, Johannes N: Kostenmanagement und Controlling 3. Unveränderte Aufl. Ouldenbourg 2009 Seite 313

53 Vgl. ebenda

54 ebenda Seite 321

Der Vorgang stellt sich dabei wie folgt dar:

### 1. Aufstellung des Zielsystems<sup>55</sup>

Zielertragsmatrix

Aktion / Zielerträge	Z1	Z2	Zn
A1	E11	E12	E1n
A2	E21	E22	E2n
A3	E31	E32	E3n

### 2. Ergänzung um die Gewichtungen<sup>56</sup>

Die Gewichte müssen jeweils 100% ergeben,  
oder in dezimaler Darstellung 1,0

Zielwertmatrix

Aktion / Zielerträge	G1 [0,1]	G2 [0,2]	Gn [0,7]
A1	N11	N12	N1n
A2	N21	N22	N2n
A3	N31	N32	N3n

### 3. Wertsynthese mit Hilfe einer Entscheidungsregel<sup>57</sup>

Nutzwertmatrix

Aktion	Nutzwert
A1	N1
A2	N2
A3	N3

---

<sup>55</sup> Vgl. Stelling, Johannes N: Kostenmanagement und Controlling 3. Unveränderte Aufl. Ouldenbourg 2009 Seite 321

<sup>56</sup> Vgl. ebenda

<sup>57</sup> Vgl. ebenda

Es existieren mehrere Alternativen zur Entscheidungsfindung, hier wird jedoch nur die Methode der Zielgewichtung beschrieben. Die optimale Auswahl, ist die Auswahl mit der größten Punkteanzahl (größter Nutzwert).<sup>58</sup>

Das Verfahren ist nach folgendem Schema anzuwenden:<sup>59</sup>

- a.) Gewichte g festlegen
- b.) Nutzen gewichten
- c.) Zeilenweise Nutzensumme bilden
- d.) Nutzensummenmaximum bestimmen.

Erläuterung:

A	Aktion
Z	Ziele
E	Ergebnis
N	Nutzwert

---

58 Vgl. Stelling, Johannes N: Kostenmanagement und Controlling 3. Unveränderte Aufl. Ouldenbourg 2009 Seite 321

59 Vgl. ebenda

## 2.3. Risikomanagement

Dieses Kapitel behandelt das Thema Risikomanagement, mit besonderem Bezug auf das Projektmanagement in diesem Entwicklungsprojekt.

Risiken entstehen sowohl bei jeder Form von Geschäftstätigkeit, als auch im privaten Bereich. In einer Unternehmung können Risiken den Prozess der Zielerreichung und natürlich auch das Projektergebnis negativ beeinflussen. Risiken entstehen in der Unsicherheit künftiger Ereignisse aufgrund von Informationslücken.<sup>60</sup>

Sehr oft stößt man auf Risiken die sich im Vorhinein schwer oder gar nicht einschätzen lassen.

Unter anderem können dies im Projektmanagement sein:

- witterungsbedingte Einflüsse
- gesetzliche Vorschriften und Normen
- geografische Gegebenheiten
- Personalrisiken
- Kalkulationsrisiken durch unbekannte Größen
- unzureichendes Projektmanagement
- mangelnde Qualität - Garantieansprüche
- Terminüberschreitung - Pönalen
- Elementarereignisse
- Forderungsausfälle
- Lieferschwierigkeiten

---

60 Vgl. Krystek, Ulrich; Fiege Stefanie: Gabler Wirtschaftslexikon, Risikomanagement  
URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/7669/risikomanagement-v10.html> Abrufdatum  
14.08.2015

Die einzig logische Konsequenz daraus ist, ein Risikomanagement- und Risikocontrolling System einzuführen, zu installieren und zu leben, um ein Projektrisiko „einigermaßen“ kalkulierbar zu machen.

Es wird sich hier entsprechender Instrumente und Methoden des Risikomanagements und Controllings bedient.

### **2.3.1. Grundlagen**

Ein Risiko entsteht aus einer Geschäftstätigkeit. Der Risikobegriff definiert sich per se je nach untersuchtem Themengebiet, Risikodefinition des Gesetzgebers, Risikobegriff eines Unternehmers, Risikobegriff eines Projektleiters oder der Risikodefinition in der Versicherungs- und oder Bankwirtschaft.

Etymologisch leitet sich also der Risikobegriff unter anderem vom altgriechischen Wort „Riza“, frei übersetzt „Wurzel über die man stolpern kann“, ab.<sup>61</sup>

Disziplinübergreifend wird der Risikobegriff wie folgt verstanden:

„Risiken sind die aus der Unvorhersehbarkeit der Zukunft resultierenden, durch zufällige Störungen verursachten Möglichkeiten, von geplanten Zielwerten abzuweichen. Risiken können daher auch als Streuung um einen Erwartungs- oder Zielwert betrachtet werden.“<sup>62</sup>

Andere Meinungen beschäftigen sich dabei auch bei risikobehafteten Handlungen mit den daraus resultierenden Chancen und Möglichkeiten.<sup>63</sup>

---

61 Vgl. Altenähr, Volker; Nguyen, Tristan; Romeike, Frank: Risikomanagement Kompakt 1. Aufl. VWW 2009 Seite 1

62 Romeike, Frank; Hager, Peter: Erfolgsfaktor Risikomanagement 2.0 2. Vollständig überarbeitete und erweiterte Aufl. Gabler 2009 Seite 510

63 Vgl. Rausch, Gereon: 2010 Nach der Krise ist vor der Krise, 2. Aktualisierte Aufl. CoPaKoGe 2012 Seite 157

Ein Risiko rührt meist aus Unwissenheit oder Informationsmängeln bezogen auf künftige Ereignisse, her. Im Risikomanagement werden Risiken erkannt, nach Wahrscheinlichkeit bewertet und Maßnahmen daraus abgeleitet.

Das Risiko wird hierbei auf einen Geldbetrag herunter gebrochen und dementsprechend bewertet. Im Projektgeschäft ist die Ausgangsbasis für den Wert eines Risikos das Projektvolumen oder der mögliche Schaden.

Handelt es sich beispielsweise um einen Risikowert von 100.000 €, und beträgt die Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikos 10 %, so ist das Risiko mit 10.000 € zu bewerten.

Abhängig vom Ausmaß des Risikos, muss ab einer bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeit (80 % Wahrscheinlichkeit) der Wert des Risikos direkt in die Projektkosten und demzufolge in den Angebotspreis und im laufenden Projekt in die Projektkosten mit einbezogen werden.

„Wer jedes Risiko ausschalten will, der zerstört auch alle Chancen“<sup>64</sup>

Um auf das Zitat von Henkel einzugehen, ist Risiko notwendig um Chancen zu lukrieren und in weiterer Folge sein Unternehmen voranzutreiben. So kann ein Qualitätsproblem mit anschließender zufriedenstellender Fehlerbehebung zu Kundenbindung führen.

Werden allerdings Risiken nicht kalkuliert oder schlichtweg vergessen, kann dies zu einer erheblichen bis massiven Belastung des Unternehmens, im schlimmsten Fall, zu dessen Ruin führen.

Die kritischen Faktoren lassen sich mit einem Risikomanagementsystem, zumeist, kalkulierbar und weitestgehend beherrschbar machen.

---

64 Zitat Hans-Olaf Henkel (\*1940) [www.zitate.de](http://www.zitate.de) 14.08.2015



Da ein System ohne Kontrolle keinen rationellen Sinn ergibt, ergänzt das Risikocontrolling den gesamten Prozess und rundet diesen zu einem Gesamtsystem ab.<sup>65</sup>

Wie nun unschwer zu erkennen ist, kann es nur im unternehmerischen und in weiterer Folge im Projektsinn sein, dem Prozess des Risikomanagements und des Risikocontrollings erhebliche Bedeutung zukommen zu lassen.

---

<sup>65</sup> Vgl. Wild

## 2.3.2. Risikomanagement Prozess

Das klassische Risikomanagement wird in vier Phasen unterteilt und durchläuft dabei einen Kreislauf von Bewertung, Steuerung, Kontrolle und frühzeitiger Identifikation in einem Kreislauf, wie die folgende Illustration dargestellt.



Abbildung 8: Risikomanagement Prozess <sup>66</sup>

---

66 Madreiter, Johann: Risikomanagement zur Wertsicherung – Chancenmanagement zur Wertgenerierung URL: <http://nachhaltigmehrwert.at/leistungen/chancen-und-risikomanagement>  
14.08.2015

### **2.3.2.1. Identifizierung von Risiken**

Risiken müssen erkannt und identifiziert werden. Das Problem dabei ist der Erkennungsprozess selbst und die Möglichkeit, dass essentielle Risiken vergessen werden könnten. Deshalb wird je nach Verfahren zwischen Kollektionsmethoden und Suchmethoden unterschieden.<sup>67</sup>

Bei den Kollektionsmethoden werden, wie schon der Name besagt, auf Basis von Erfahrungswerten und Befragungen Risiken gesammelt.

Mögliche Methoden zur Erfassung sind dabei Checklisten, Interviews und Befragungen. Es ergeben sich daraus Listen, Diagramme und die Risikomatrix.

Dieses Risikoidentifikationsverfahren ist hauptsächlich für die Identifikation offensichtlicher und bestehender Risiken geeignet.

Die Suchmethoden werden in analytische und Kreativitätsmethoden unterschieden. Hierzu zählen unter anderem ein Fragenkatalog der individuell aufgebaut ist, ein Brainstorming von erfahrenen Kollegen oder Projektteams, aber auch ein aufwändiger Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse Prozess, kurz FMEA.

FMEA Prozesse werden sehr oft in der Automobilindustrie eingesetzt, beispielsweise im Motorenbau. Ein zentrales Thema hierbei ist, mit welchen Konsequenzen bei welchen Fehlern zu rechnen wäre.

---

<sup>67</sup> Vgl. Romeike, Frank; Finke, Robert: Erfolgsfaktor Risiko-Management 1. Aufl Gabler 2003 Seite 174

Die folgende Abbildung veranschaulicht die Vorgehensweisen der Kollektionsmethoden und der Suchmethoden des Risikoerfassungsprozesses.

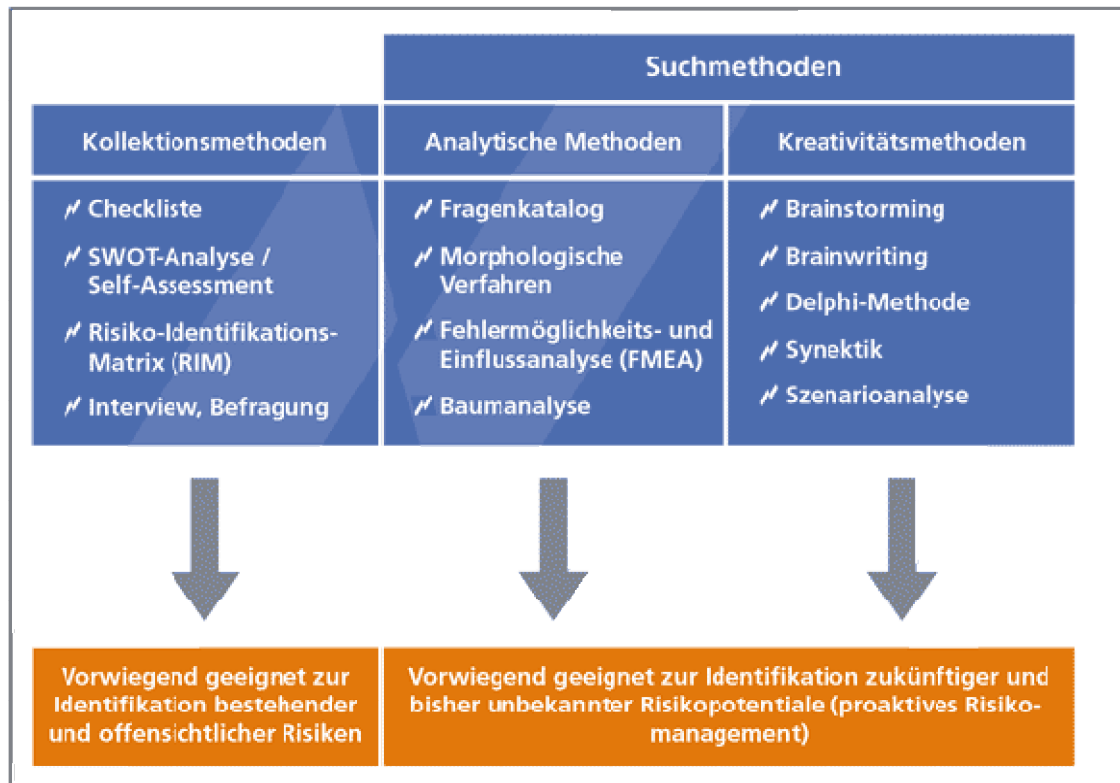


Abbildung 9: Risikoerfassungsverfahren und Instrumente <sup>68</sup>

68 Gerg, Felix, IQR Consult: Risikomanagement in Projekten

URL: <http://www.iqrconsult.com/2012/10/risikomanagement-in-projekten> Abrufdatum 14.08.2015

### **2.3.2.2. Bewertung von Risiken (Wahrscheinlichkeit)**

Die erfassten und erkannten Risiken müssen vom (monetären) Ausmaß und von der Eintrittswahrscheinlichkeit her bewertet werden.

Die Wahrscheinlichkeit wird hierbei in Wahrscheinlichkeitsprozent von 0 % - 100 % angegeben.

Wobei die Wahrscheinlichkeit von 0 % ein ausschließbares und die Wahrscheinlichkeit von 100 % ein mit Sicherheit eintretendes Risiko darstellt.

Dies stellt sich beispielsweise wie folgt dar:

Baut man ein Haus in dicht bebautem Stadtgebiet, ist die Wahrscheinlichkeit, dass es bei Grabungsarbeiten zu Leitungsbeschädigungen kommt sehr groß, die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Meteoriten-Einschlages dagegen sehr gering.

Je nach Eintrittswahrscheinlichkeit ist mit differenzierten Vorgehensweisen zu rechnen. Ab einem bestimmten Wahrscheinlichkeitswert (10%) sind geeignete Maßnahmen zur Risikominimierung oder -bewältigung einzuleiten.

Ab einer Wahrscheinlichkeit von beispielsweise 80% sind die Risikokosten mit in die Angebots oder Projektkosten einzubeziehen.

### **2.3.2.3. Steuerung und Bewältigung**

Um möglichst richtige Maßnahmen zu Planen und Risiken zu bewältigen, müssen diese zuerst klassifiziert werden, zumeist geschieht dies in drei Stufen, klein, mittel oder groß.

Werden kleinere Risiken noch Akzeptiert, da mögliche Minderungsmaßnahmen die Risikokosten überschreiten würden, wird man bei mittleren und großen Risikopotentialen, geeignete Schritte einleiten müssen. Diese Schritte zur Minderungen dienen dazu, die entsprechenden Risikokosten zu senken.

Es stellt sich nun die Frage ab welcher Größenordnung zu Risikoübertragungen oder Korrektivmaßnahmen gegriffen wird. Korrektivmaßnahmen sind bei schwerwiegenden Auswirkungen zu planen, für den Fall dass Risikopräventiv- oder Risikominimierungsmaßnahmen nicht greifen.<sup>69</sup>

---

69 Vgl. Fiedler, Rudolf, Hochschule Würzburg: Die Bedeutung des Risikomanagements für Projekte  
URL: [http://www.projektcontroller.de/material/material/Risikomanagement\\_in\\_Projekten.pdf](http://www.projektcontroller.de/material/material/Risikomanagement_in_Projekten.pdf)  
Abrufdatum 14.08.2015

#### **2.3.2.4. Überwachung**

„Die Risikoüberwachung misst im laufenden Projekt die Indikatoren und leitet daraus Handlungsanweisungen für die Steuerung ab. Darüber hinaus soll sie neue Risiken erkennen und in den Risikomanagementprozess aufnehmen“ <sup>70</sup>

Um eine effiziente Überwachung realisieren zu können, muss eine vollständige Risikoanalyse mit all ihren Auswirkungen und Faktoren erfolgen. <sup>71</sup>

Werden Maßnahmen zur Minderung oder Minimierung getroffen, so ist die Wirksamkeitsüberprüfung ebenfalls Aufgabe der Risikoüberwachung <sup>72</sup>

---

70 Angermeier, Georg: Risikoüberwachung

URL: <https://www.projektmagazin.de/glossarterm/risikoueberwachung> Abrufdatum 14.08.2015

71 Vgl. ebenda Abrufdatum 14.08.2015

72 Vgl. ebenda Abrufdatum 14.08.2015

### 2.3.2.5. Risikomanagement

Ein Risikomanagementsystem ist per Definition die Gesamtheit aller Instrumente des Risikomanagementprozesses. Beginnend von der Identifikation, gefolgt von der Bewertung und den eingeleiteten Maßnahmen, bis hin zum Controlling.

Das Risikomanagement findet Einzug in vielerlei Normen und in Gesetzen, wie zum Beispiel dem HGB, dem Aktiengesetz und auch in Bonitätsprüfungsverfahren wie Basel II. Die folgende Abbildung veranschaulicht unterschiedliche Bereiche:

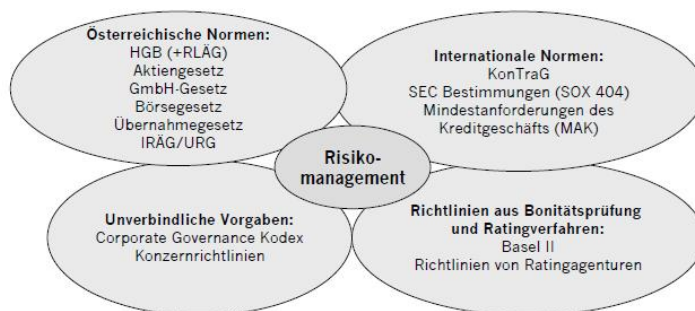


Abbildung 10: Institutionelle Rahmenbedingungen für das Risikomanagement <sup>73</sup>

Risikomanagement in einem Projekt ist gleichzusetzen mit einer Projektmanagementaufgabe und beinhaltet sowohl die Identifikation, die Bewertung, das Planen, sowie die Durchführung risikopolitischer Maßnahmen zur Risikovermeidung und zur Förderung der Risikovorsorge.

Es betrachtet Abweichungen von den geplanten Projektfaktoren, unter anderem die Projektkosten, Termine, Arbeitspakete, usw. <sup>74</sup>

Dieser Prozess sollte über die gesamte Projektlaufzeit regelmäßig, am besten gemeinsam mit der Zielerreichungsanalyse durchgeführt werden.

<sup>73</sup> vgl. Denk, Robert; Exner-Merkelt, Karin; Ruthner, Raoul: Risikomanagement im Unternehmen – Ein Überblick in Schriftenreihe zur wirtschaftlichen Forschung und Praxis - Wien: Fachhochschule des bfi Wien Jahrgang 3 Nr. 4 Mai 2006 Seite 12

<sup>74</sup> vgl. Ebenda Seite 91



### **2.3.2.6. Risikocontrolling**

„Planung ohne Kontrolle ist sinnlos, Kontrolle ohne Planung unmöglich“ <sup>75</sup>

Controlling wird nach Ziegenbein definiert als:

„... die Bereitstellung von Methoden (Techniken, Instrumente, Modelle, Denkmuster) und Informationen für arbeitsteilig ablaufende Planungs- und Kontrollprozesse, sowie die funktionsübergreifende Koordination (Abstimmung) dieser Prozesse“ <sup>76</sup>

Das Risikocontrolling dient zur Kontrolle und Überwachung des Risikomanagements, den Risikofaktoren, den Risikoarten und hauptsächlich den Risikokosten.

Das Risikocontrolling in einem Projekt sollte, wie auch das gesamte Risikomanagement, laufend erfolgen und entsprechend den Ziel- und Kostenvorgaben bei jedem Projektmeilenstein aktualisiert und neu bewertet werden.

---

<sup>75</sup> Zitat Wild (Im Jahr 1974)

<sup>76</sup> Ziegenbein, Klaus: Controlling 9. Überarbeitete und aktualisierte Aufl. Ludwigshafen Kiehl 2002

### **2.3.2.7. Risikoübertragung**

Eine Maßnahme aus der Risikoanalyse, Bewertung und der darauffolgenden Risikominimierung bzw. Risikominderung kann die sogenannte Risikoübertragung sein. Bei der Risikoübertragung ist der Grundgedanke das Risiko zu übertragen, das heißt das eigene Risiko jemand Anderen tragen zu lassen und so das eigene Risiko zu senken bzw. ganz auszuschließen.

Risikoübertragung kann z.B. durch entsprechende Versicherungen erfolgen. Als Beispiel das Risiko eines Gebäudebrandes. Brennt nun das eigene Gebäude bis auf die Grundmauern nieder, so ist dies ein erheblicher finanzieller Schaden. Für den Wiederaufbau hat der Eigentümer zu sorgen.

Besteht jedoch ein Versicherungsschutz für das Feuerrisiko, so wird der Schaden, in Anlehnung an den Versicherungsgrundgedanken zur Risikogemeinschaft <sup>77</sup>, vom Versicherer getragen. Der Versicherer lässt sich natürlich diese Risikoübernahme finanziell ausgleichen.

Bezogen auf die Risiken in einem Anlagenprojekt besteht die Möglichkeit Versicherungen für Forderungsausfälle, Pönalen und vielem mehr abzuschließen.

Es sollte jedoch bedacht werden, dass diese Risikozusagen finanziell auszugleichen sind und dementsprechend das Projektbudget belasten.

Im Falle eines existenzbedrohenden Risikos ist es durchaus zielführend eine Versicherung abzuschließen. Ist das Risiko gering, so ist es lohnenswerter die Kosten selbst zu tragen.

---

<sup>77</sup> vgl. Schweizerischer Versicherungsverband: Grundinfos zur Versicherung,  
URL: <http://www.svv.ch/de/konsumenten/allgemeine-informationen/grundinfos-zur-versicherung>  
Abrufdatum 14.12.2015

### 2.3.2.8. Risikomatrix

Die Risikomatrix ist die Zusammenfassung der erfassten, finanziell bewerteten und um die Eintrittswahrscheinlichkeit ergänzte Risikoliste. Die Risikomatrix zeigt auf einen Blick welches die gravierendsten Risiken sind.

In der Abbildung zeigt sich der Handlungsbedarf bei entsprechenden Risiken. Diese Abbildung entspricht nicht den erfassten Risiken, sie soll aber zur Illustration und Veranschaulichung dienen.

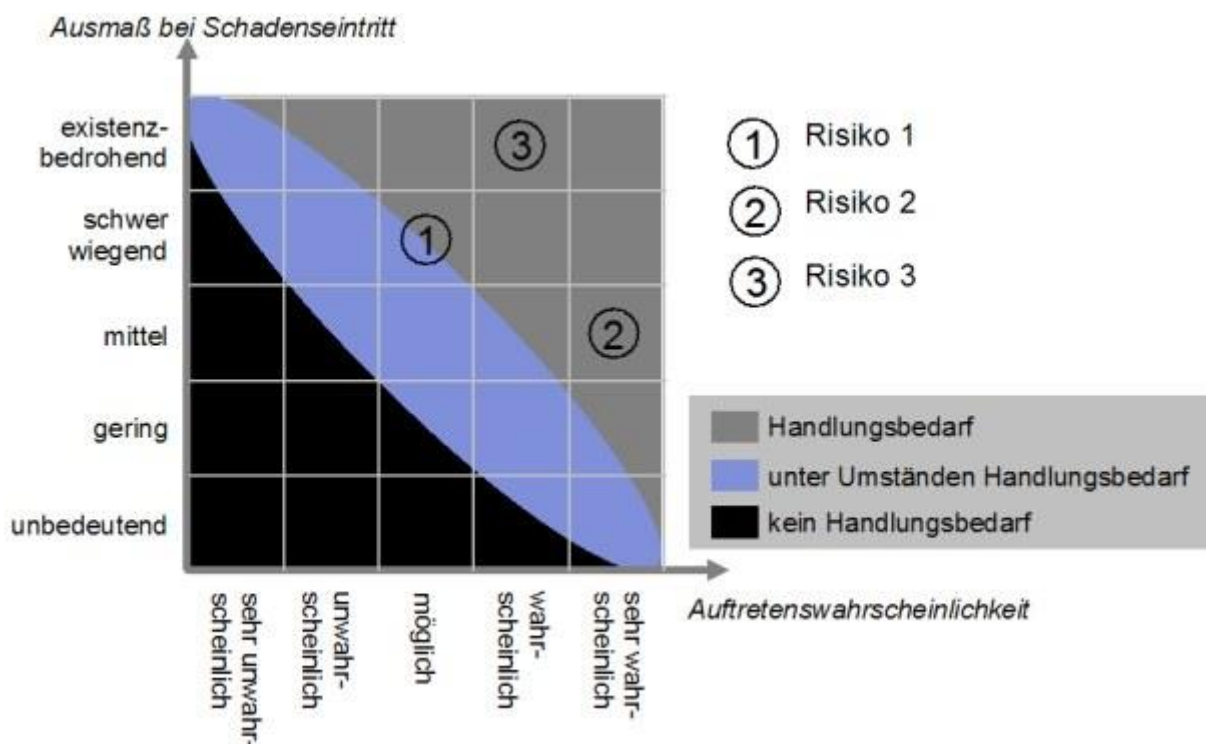


Abbildung 11: Risikomatrix <sup>78</sup>

<sup>78</sup> Risikomanager, Risikodiagramm: URL:<http://risikomanager.org/methodenassistent/risikodiagramm-risikograph-risikolandschaft-risikoportfolio-risikomatrix> Abrufdatum 14.08.2015

### **2.3.2.9. Risikobewältigung**

Aus der Risikomatrix leiten sich in Abhängigkeit des resultierenden Bereiches Handlungsweisen ab. Ist das Risiko in der Matrix sehr gering bewertet, so ist es nicht zwingend erforderlich Maßnahmen einzuleiten. Ist ein Risiko jedoch in der kritischen Einteilung, ist es zwingend erforderlich weitere Schritte einzuleiten. Im Bereich dazwischen kann, aber muss keine Handlungsweise definiert werden.

Grundsätzlich wird nach der Art der Risikobewältigung unterschieden, präventiv, korrektiv oder keine.

Während bei den präventiven Vorgehensweisen die Risiken erst gar nicht entstehen, so ist die korrektive Risikobewältigung gefragt, wenn die Risiken schon vorhanden oder gerade beim Eintreten sind. Keine Risikostrategie ergibt dann Sinn, wenn ein Risiko sehr gering ist und selbst übernommen werden kann.

Zu den präventiven Maßnahmen gehören:

Risikovermeidung, Risikominderung und Risikodiversifikation

Zu den korrektiven Maßnahmen gehören:

Risikotransfer, Risikofinanzierung und Risikovorsorge

Wie die folgende Abbildung veranschaulicht, geht es darum die Risiken mit entsprechenden Methoden zu vermeiden oder zu mindern und Konsequenzen für das verbleibende Restrisiko zu ziehen.

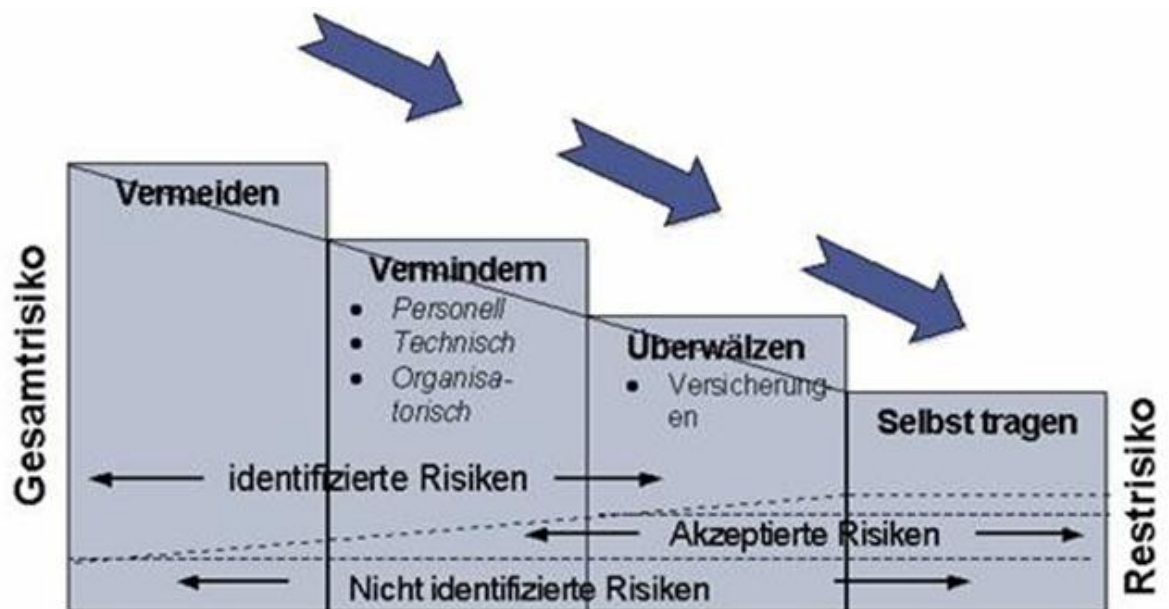


Abbildung 12: Risikosteuerung <sup>79</sup>

<sup>79</sup> Vgl. Romeike, Frank: Risikosteuerung und Risikokontrolle

URL: <http://www.betriebswirtschaft.info/2018.html> Abrufdatum 14.08.2015

### **2.3.2.10. Maßnahmen zur Risikominimierung**

Je nachdem, welche Risiken sich aus der Risikomatrix ergeben sind aktive Maßnahmen zur Minderung bzw. Risikovermeidung zu treffen. Diese Maßnahmen können unterschiedliche Ansätze verfolgen.<sup>80</sup>

Die beste Risikovermeidung ist das Risiko gar nicht erst einzugehen, also das Risiko präventiv zu vermeiden, auch wenn dies zur Folge haben kann, einen Auftrag oder ein Projekt nicht oder nicht mehr weiter zu verfolgen.

Eine weitere Maßnahme zur Risikominderung kann das Hinzuziehen von externen Beratern, in der Form von Juristen, Sachverständigen, Informationsbüros, aber auch Einheimischen, die die landesüblichen Sitten kennen, sein.

Für Vertragsthemen stehen in vielen Firmen Juristen oder Rechtsabteilungen zur Verfügung. Meist wird in kleineren Unternehmungen für die juristische Unterstützung eine sogenannte Rechtsschutzversicherung abgeschlossen, mit dem Ziel die Rechtsabteilung zu ersetzen.

Des Weiteren können neue Projekte mit Unterstützung von sogenannten Professionisten abgewickelt werden.

Schulungen tragen ebenfalls zur Risikovermeidung bei.

---

80 Vgl. Weka Media GmbH, QM-Aktuell : Geeignete Maßnahmen zur Risikominimierung

URL: <http://www.qm-aktuell.com/newsletterarticle.asp?his=2833.2233.5998&id=9290>

Abrufdatum 14.08.2015

### **2.3.3. Risiko Ist Betrachtung der Softwareentwicklung**

Im Kapitel 2.3.3 erfolgt die Ist Risikobetrachtung für die Entwicklung der standardisierten Softwareentwicklung.

Es wird auf die einzelnen Schritte des Risikomanagementsystems, vor allem auf die Risikoidentifizierung und die Risikobeurteilung eingegangen.

Als Ergebnis der Ist-Betrachtung entsteht die sogenannte Risikomatrix welche um die möglichen Risiken ergänzt wird.

#### **2.3.3.1. Risiko Identifizierung der Softwareentwicklung**

Die Risiken werden in Anlehnung an Kapitel 2.3.2.1 erfasst und identifiziert. In diesem konkreten Fall wird die Kollektionsmethode angewandt.

Aufgrund von Erfahrungswerten wird eine „Risikoliste“ erstellt, welche um Interviews mit den Mitarbeitern des Projektteams und erfahrenen Kollegen ergänzt wird.

Ebenso werden das Vertriebsteam und die Führungskräfte in den Erfassungsprozess eingebunden um möglichst viel Erfahrung in den Erfassungsprozess einfließen zu lassen.

Die erfassten und erkannten Risiken werden nun in Kategorien eingeteilt.

Die Kategorien sind wie folgt definiert: <sup>81</sup>

- Märkte und Standards
- Projektorganisation
- Technologie und Produktentwicklung
- Fertigung und Logistik
- Marketing und Vertrieb
- IT / Kommunikation
- Finanzielles, Vertragsrisiken ( Haftungen, Gewährleistungen)
- Einkauf
- Personal und Ressourcen
- gesetzliche Vorgaben

---

81 vgl. Patzak, Gerold; Rattay Günter: Projektmanagement 5. Aufl. Linde 2008 Seite 134



Es erbaut sich eine gesammelte Risikoliste die wie folgt aussieht. <sup>82</sup>

Nr.	Risiko	Kategorie
1	Projektsprache und Bediensoftwaresprache Marktspezifisch Missverständnisse, technische Anforderungen Albanisch, Schwedisch, Griechisch, Deutsch	Märkte und Standards
2	Projektleiter/Projektteam unerfahren in Entwicklungsprojekten – wesentliche Faktoren könnten vergessen werden Projektzeitplan, Kostenplan	Projektorganisation
3	Neue Technologien werden eingesetzt – Keine Erfahrung seitens der Mitarbeiter vorhanden neue Steuerungskomponenten	Technologie und Produktentwicklung
4	Transporte / Auslieferung keine Kenntnisse des Zollwesens, Transportwege Auslieferung der Software	Fertigung und Logistik
5	Marktrisiken: Marktakzeptanz Opportunitätskosten	Marketing und Vertrieb
6	Neue Entwicklungsumgebung Keine Erfahrung durch die Projektmitarbeiter Neue IT-Infrastruktur wird benötigt.	IT / Kommunikation
7	Vertragsrisiken / Haftungsrisiken Produkthaftung	Finanzielles
8	Verwendete Komponenten sind nicht oder nicht mehr lieferbar Windows Umgebungen / IT Infrastruktur	Einkauf
9	Keine Kapazitäten vorhanden Verfügbarkeit des Entwicklungsteams	Personal und Ressourcen
10	Ausländische Gesetze und Vorgaben weichen von den Inländischen ab. Marktspezifische nationale und internationale Maschinenrichtlinien, Betriebsinterne Normen von Betreibern	Gesetzliche Vorgaben

**Tabelle 1: Risikoidentifizierung**

<sup>82</sup> vgl. Bundesstelle für Informationstechnik - Bundesverwaltungsamt, Risikoliste und Risikomatrix

URL:

[http://www.bva.bund.de/DE/Organisation/Abteilungen/Abteilung\\_BIT/Leistungen/IT\\_Standards/SOS\\_Methode/Kurzeinweisung/Systemunterstuetzung/04\\_Risikomanagement/node.html](http://www.bva.bund.de/DE/Organisation/Abteilungen/Abteilung_BIT/Leistungen/IT_Standards/SOS_Methode/Kurzeinweisung/Systemunterstuetzung/04_Risikomanagement/node.html)

Abrufdatum 14.08.2015

### 2.3.3.2. Risikobeurteilung und Bewertung der Softwareentwicklung

Die erfassten und erkannten Risiken aus Tabelle 2.3.3.1 müssen nun finanziell bewertet und um die ermittelten Werte ergänzt werden.

Das Projektvolumen beträgt 2.000.000 Euro.

Nr.	Risiko / Ursache	Kategorie	Bewertung in Euro
1	Projektsprache: Mehrsprachigkeit	Märkte und Standards	300.000
2	Projektleiter/Projektteam: Projektzeitplan, Kostenplan	Projektorganisation	1.000.000
3	Neue Technologien: Neue Steuerungskomponenten	Technologie und Produktentwicklung	1.000.000
4	Transporte / Auslieferung: Zollwesen, Transportwege Auslieferung der Software	Fertigung und Logistik	10.000
5	Marktrisiken: Marktakzeptanz Opportunitätskosten	Marketing und Vertrieb	2.000.000
6	Neue Entwicklungsumgebung: IT-Infrastruktur	IT / Kommunikation	100.000
7	Vertragsrisiken / Haftungsrisiken: Produkthaftung / Pönalen	Finanzielles	3.500.000
8	Komponenten nicht mehr lieferbar: Windows Umgebungen / IT Infrastruktur	Einkauf	50.000
9	Personalkapazitäten vorhanden: Verfügbarkeit des Entwicklungsteams	Personal und Ressourcen	500.000
10	Ausländische Gesetze und Vorgaben: Marktspezifische nationale und internationale Maschinenrichtlinien, Betriebsinterne Normen von Betreibern	Gesetzliche Vorgaben	300.000

Tabelle 2: Finanziell bewertete Risikoliste

Wie unschwer zu erkennen ist, existieren unterschiedlich hohe Risikokosten.

Die Risikokosten für den Projektleiter sind deshalb sehr hoch anzusetzen, da im schlimmsten Fall das Entwicklungsbudget bei einer Fehlerplanung sehr leicht überschritten werden kann.

Die Marktrisiken sind mitunter der größte Punkt an Risikokosten, da es sehr schnell und leicht vorkommen kann, dass ein Produkt am Markt vorbeientwickelt wird und somit die gesamten Entwicklungskosten für keinerlei Absatz aufgewendet worden sind.

Dennoch sollte hier beachtet werden: Wird keine Weiter- oder Neuentwicklung gestartet, steigen die Opportunitätskosten dahingehend an, dass sich ein in die Jahre gekommenes Produkt nicht mehr absetzen lässt.

Produkthaftung und Pönalen übersteigen sehr leicht das Projektvolumen.

Beispielsweise: Kommt es zu einer Zerstörung oder gar zu menschlichen Schäden, durch den Einsatz des neuen Produktes, so können aus Haftungen erhebliche finanzielle Schäden entstehen.

Dies kann soweit führen, dass maßgeblich beteiligte Personen mit Geld und Freiheitsstrafen beehrt werden können.

Der Kostenfaktor Personal ergibt sich auf Basis der Kosten für externe Personalbeistellung, wenn das Stammpersonal zu 100% ausgelastet ist.

Nicht zu unterschätzen sind die ausländischen Gesetze und Vorgaben die zu einer Überarbeitung bis hin zu einer Neukonstruktion der entwickelten Software führen können.

### 2.3.3.3. Wahrscheinlichkeits- und Auswirkungsanalyse

Die Tabelle mit den bewerteten Risiken aus 2.3.3.2 wird nun um die Eintrittswahrscheinlichkeit und um die möglichen Auswirkungen erweitert.

Die Wahrscheinlichkeit wird hierbei in sogenannten Wahrscheinlichkeitsprozent von 0 % - 100 % angegeben.

Wobei die Wahrscheinlichkeit von 0 % ein ausschließbares und die Wahrscheinlichkeit von 100 % ein mit Sicherheit eintretendes Risiko darstellt.

Die Auswirkungsstufen wurden vom Projektteam und der Geschäftsleitung festgelegt und unterteilen sich in vier Stufen von gering (1) über mäßig (2) gefolgt von kritisch (3) und KO (4) bewertet<sup>83</sup> und sind wie folgt zu verstehen:

1	stört den Projekterfolg	bis 100.000 €
2	mindert den Projekterfolg	bis 400.000€
3	gefährdet den Projekterfolg	ab 400.000€
4	existenzielles Risiko – sofortiger Stopp	ab 1.200.000 €

Anmerkung zu den Auswirkungen:

Diese Bewertung erfolgt zum Projektstart. Sollte beim Projektstart oder bereits in der Angebotsphase ein erhebliches Risiko mit der Auswirkung der vierten Ebene entstehen, so kann es vorteilhafter sein, das Projekt gar nicht erst umzusetzen.

---

<sup>83</sup> Vgl. Springer Verlag, Risikoanalyse URL:

[www.springer.com/cda/content/document/.../v\\_21\\_4099.xls](http://www.springer.com/cda/content/document/.../v_21_4099.xls) Abrufdatum 11.08.2014

Es entsteht eine Tabelle mit dem Risikopotential:

Nr.	Risiko / Ursache	Wahrscheinlichkeit	Auswirkung	Risikopotential
1	Projektsprache: Mehrsprachigkeit	>90%	2	270.000
2	Projektleiter/Projektteam: Projektzeitplan, Kostenplan	>65%	3	700.000
3	Neue Technologien: Neue Steuerungskomponenten	>70%	2	120.000
4	Transporte / Auslieferung: Zollwesen, Transportwege Auslieferung der Software	>20%	1	2.000
5	Marktrisiken: Marktakzeptanz Opportunitätskosten	>50%	3	1.000.000
6	Neue Entwicklungsumgebung: IT-Infrastruktur	>15%	1	15.000
7	Vertragsrisiken / Haftungsrisiken: Produkthaftung / Pönalen	>30%	3	1.050.000
8	Komponenten nicht lieferbar: Windows Umgebungen / IT Infrastruktur	>15%	1	7.500
9	Personalkapazitäten vorhanden: Verfügbarkeit des Entwicklungsteams	>30%	2	150.000
10	Ausländische Gesetze und Vorgaben: Marktspezifische nationale und internationale Maschinenrichtlinien, Betriebsinterne Normen von Betreibern	>70%	2	210.000

Tabelle 3: Risikoliste mit Wahrscheinlichkeiten und Auswirkungen

Die Formel zur Berechnung lautet:

Identifiziertes Risiko x Betragswert x Wahrscheinlichkeit

Wie in Kapitel 2.3.2.8 beschrieben, ergibt sich mit den Daten aus Kapitel 2.3.4.3 folgende Risikomatrix:

		<b>Auswirkung</b>			
		Gering (1) < 100.000 €	Mäßig (2) < 400.000 €	Kritisch (3) > 400.000 €	KO (4) > 1.200.000 €
<b>Eintrittswahrscheinlichkeit</b>	Sicher >80%		Projektsprache (1)		
	Sehr Groß >65%		Ausländische Gesetze (10)	Projektleiter/Projektteam (2)  Neue Technologien (3)	
	Gross >30%		Personalkapazität (9)	Marktrisiken (5)  Vertragsrisiken / Haftungsrisiken (7)	
	Mäßig >20%	Transporte / Auslieferung (4)			
	Unwahr- scheinlich >5%	Neue IT (6)  Komponenten nicht lieferbar (8)			

**Tabelle 4: Risikomatrix**

Der grüne Bereich stellt den geringen bzw. niedrigen Handlungsbedarf dar, der weiße Bereich steht für unter Umständen akzeptabel. Der orange Bereich beinhaltet die kritischen bzw. die KO Risiken.<sup>84</sup>

<sup>84</sup> Vgl. Mössner Thomas: Risikobeurteilung im Maschinenbau Projekt F2216 Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2012 Seite 63

#### **2.3.3.4. Probleme bei der IST-Betrachtung**

Ergänzend ist zu erwähnen, dass bei der IST-Analyse Risiken leicht übersehen oder schlichtweg vergessen werden können. Dies kann unter Umständen zu fatalen Auswirkungen führen.

Auch die Bewertung der finanziellen Faktoren ist sehr subjektiv geprägt. Diese Einschätzung kann ebenfalls diversesten Ungenauigkeiten unterliegen.

Nicht zuletzt soll auch die Wahrscheinlichkeitsanalyse betrachtet werden, diese ist die wohl am meisten durch subjektive Einschätzung geprägte Einflussgröße. Das Problem hierbei ist die Aufsummierung der Subjektivität durch die Faktoren:

- Risikoerfassung
- Bewertung
- Wahrscheinlichkeitsanalyse

Es ergibt sich also eine Potenzierung der subjektiven Einschätzungen, da keine geeigneten oder praktikablen Prüfmethode zur Verfügung stehen.<sup>85</sup>

Die Subjektivität kann durch Erfahrungswerte minimiert und verkleinert, jedoch nie vollkommen ausgeschlossen werden.

---

<sup>85</sup> Vgl. Schön, N; Bayer AG: Risikobetrachtung: Probleme, Definitionen, Methoden im Zuge der Altstoff Bewertung in Schwerpunktthema 3 Altstoffproblematik Ecomed 1991 Seite 3

## **2.3.4. SOLL-Betrachtung**

Im Kapitel 2.3.4 wird die SOLL Betrachtung erörtert. Die Soll-Betrachtung wird als die endgültige Risiko und Maßnahmenplanung definiert. Sie soll den Zustand als Ergebnis haben der in die Risikokostenkalkulation Eingang findet.

Es werden die Ergebnisse aus Kapitel 2.3.3.4, vor allem die Risikomatrix, betrachtet und um geeignete Maßnahmen zur Risikominderung und Risikominimierung ergänzt.

Als Ergebnis entsteht eine erweiterte Risikomatrix die für den Risikoentscheidungsprozess Verwendung findet.

### **2.3.4.1. Risikominderung**

In Anlehnung an Kapitel 2.3.5 erfolgen für die Softwareentwicklung Maßnahmen zur Risikominderung. Wird nun die Risikomatrix aus 2.3.3.4 zu Grunde gelegt, ergeben sich Handlungspotentiale in den Bereichen „Marktrisiken (5)“ und „Vertragsrisiken (2)“.

Akuter Handlungsbedarf besteht in den Bereichen „Projektsprache (1)“, „Neue Technologien (3)“, „Ausländische Gesetze (10)“ und bei dem Punkt „Projektleiter / Projektteam (2)“.

Die Vertragsrisiken und Haftungsrisiken werden durch Hinzuziehung von externen Dienstleistern und Sachverständigen im In- und Ausland abgedeckt. Diese Risikobewältigung ist sehr kostenintensiv, vor allem in Bezug auf die Minderung, welche sich zwar auf 10% reduziert, jedoch nach wie vor ein erhebliches Kostenrisiko darstellt.



Um nun das Risiko einer differenten Projektsprache abzumildern, wird eine externe Firma, die sich auf technische Übersetzungen spezialisiert hat, ins Boot geholt und gemeinsam das Projekt abgewickelt. Bei der Entwicklung wird eine multifunktionale Sprachumschaltung vorgesehen.

Es ergeben sich Synergien wie zum Einen der Schulungszweck des eigenen Personals und zum Anderen reduziert sich die Risikowahrscheinlichkeit auf ein Minimum von unter 35%.

Was abzuwiegen bleibt, ist der Kostenfaktor dieser externen Unterstützungen und Beistellungen.

Dem Projektleiter und dem Projektteam, wird zur Unterstützung ein erfahrener Projektleiter zur Seite gestellt, der unterstützend und beratend tätig ist.

Das Risiko reduziert sich auf 25%

Da ausländische Gesetze sehr oft von den inländischen abweichen, ist es sinnvoll einen Sachverständigen des Ziellandes hinzuzuziehen.

Ergänzend sollte Kontakt mit fach einschlägigen Normenstellen aufgenommen werden. Das Ergebnis sind 30% Eintrittswahrscheinlichkeit.

Das Risiko „Neuer Technologien (3)“ lässt sich mit der Etablierung und Einführung einer Maschinensimulation minimieren und beherrschbar machen. Technologische Themen können damit im Büro während der Entwicklung abgefangen werden. Die Wahrscheinlichkeit reduziert sich auf 10%.

Marktrisiken lassen sich durch Kundenbefragungen und durch Marktanalysen reduzieren. Die Etablierung der Maschinensimulation minimiert das Risiko weiter, da mit diesem Tool potentielle Kundenwünsche im Vorfeld geklärt werden können. Ein Restrisiko von 30% bleibt jedoch bestehen.

Bedenkt man aber in Anbetracht der Situation die Opportunitätskosten, die bis zum Null der Auftragseingänge führen können, so werden diese Risikokosten als solche getragen und als Chance verbucht.

Auf Risiken wie „Neue Technologien (3)“, „Transporte und Auslieferung (4)“, „Neue IT (6)“, „Komponenten nicht lieferbar (8)“ und „Personalkapazität (9)“ muss nicht dezidiert eingegangen werden, da sich diese im überschaubaren und akzeptablen Rahmen bewegen und eher mäßig wahrscheinlich sind.

Dennoch lässt sich durch vorausschauende Ressourcen- und Personalplanung das Risiko der Personalressourcen nahezu ausschließen. Zur vorübergehenden Überbrückung besteht die Möglichkeit externes Personal kurzfristig einzubinden.

Restrisiko 5%

Nicht zu vergessen: Das Risikocontrolling, welches die umgesetzten Maßnahmen überprüfen soll und durch gegebenenfalls nötige Schritte, weitere Risiken minimiert.

Grundsätzlich gilt, wie bei allen Aktionen, die entsprechenden Kosten dem Ergebnis gegenüber zu stellen.

So bringt es nicht viel 5.000 € in die Minderung eines Risikos von 3.000 € zu investieren.

Ergebnis der Risikominderung auf einen Blick:

Nr.	Risiko / Ursache	Wahrscheinlichkeit	Auswirkung	Restrisiko
1	Projektsprache: Mehrsprachigkeit	>35%	2	105.000
2	Projektleiter/Projektteam: Projektzeitplan, Kostenplan	>45%	2	250.000
3	Neue Technologien: Neue Steuerungskomponenten	>10%	1	100.000
4	Transporte / Auslieferung: Zollwesen, Transportwege Auslieferung der Software	>20%	1	2.000
5	Marktrisiken: Marktakzeptanz Opportunitätskosten	>30%	3	600.000
6	Neue Entwicklungsumgebung: IT-Infrastruktur	>15%	1	15.000
7	Vertragsrisiken / Haftungsrisiken: Produkthaftung / Pönalen	>10%	2	350.000
8	Komponenten nicht lieferbar: Windows Umgebungen / IT Infrastruktur	>15%	1	7.500
9	Personalkapazitäten vorhanden: Verfügbarkeit des Entwicklungsteams	>5%	1	25.000
10	Ausländische Gesetze und Vorgaben: Marktspezifische nationale und internationale Maschinenrichtlinien, Betriebsinterne Normen von Betreibern	>30%	1	90.000

Tabelle 5: Risikominderung auf einen Blick

## 2.3.4.2. Bewertung

Kombiniert man nun die Risikomatrix von 2.3.3.4 mit den Maßnahmen aus 2.3.4.2 ergibt sich ein vollkommen anderes Bild der Risikomatrix.

Die Risiken sind durch entsprechende Aktionen reduziert und bewältigt worden. Diese Matrix kann nun für weitere Zwecke wie z.B. der Angebotslegung oder Projektbudgetplanung verwendet werden.

		<b>Auswirkung</b>			
		Gering (1) < 100.000 €	Mäßig (2) < 400.000 €	Kritisch (3) > 400.000 €	KO (4) > 1.200.000 €
<b>Eintrittswahrscheinlichkeit</b>	Sicher >80%				
	Sehr Groß >65%				
	Gross >30%	Projektsprache (1)  Ausländische Gesetze und Vorgaben (10)	Projektleiter/Projektteam (2)	Marktrisiken (5)	
	Mäßig >20%	Transporte / Auslieferung (4)			
	Unwahr- scheinlich >5%	Neue Technologien (3)  Neue IT (6)  Komponenten nicht lieferbar (8)  Personalkapazität (9)	Vertragsrisiken / Haftungsrisiken (7)		

**Tabelle 6: Korrigierte Risikomatrix**

## **2.4. Auswahl und Einführung einer Maschinensimulationsumgebung**

Als Maßnahme aus der Risikomatrix und der Einschätzung daraus, wird eine Maschinensimulation eingeführt.

(Vergleich Punkte Marktrisiken und Technologierisiken).

Durch die Vielzahl an Anbietern am Softwaremarkt, wird anhand der Entscheidungstheorie ein geeignetes Softwareprodukt ausgewählt und installiert.

Eine Simulationsumgebung ist ein wesentlicher Gesichtspunkt. Um die Anforderungen eines FAT zu erfüllen, ist eine entsprechende Testumgebung erforderlich, die die zu steuernde Anlage realitätsnahe abbildet.

Ziel ist es eine realitätsnahe Maschinensimulation einzusetzen, um den Anforderungen des FAT gerecht zu werden und nicht zuletzt die Inbetriebnahmekosten der Steuerungssoftware zu senken und damit weiter wettbewerbsfähig zu sein.

Die Maschinensimulation schreibt die Eingangssignale in das Prozessabbild und reagiert auf die Ausgänge der SPS. Das SPS Programm bleibt dabei dasselbe, sodass die Software in der Testumgebung, der später an der Anlage verwendeten Software entspricht.

In der Abbildung ist der schematische Aufbau einer Simulationsumgebung dargestellt.

Das Automatisierungssystem entspricht der SPS.

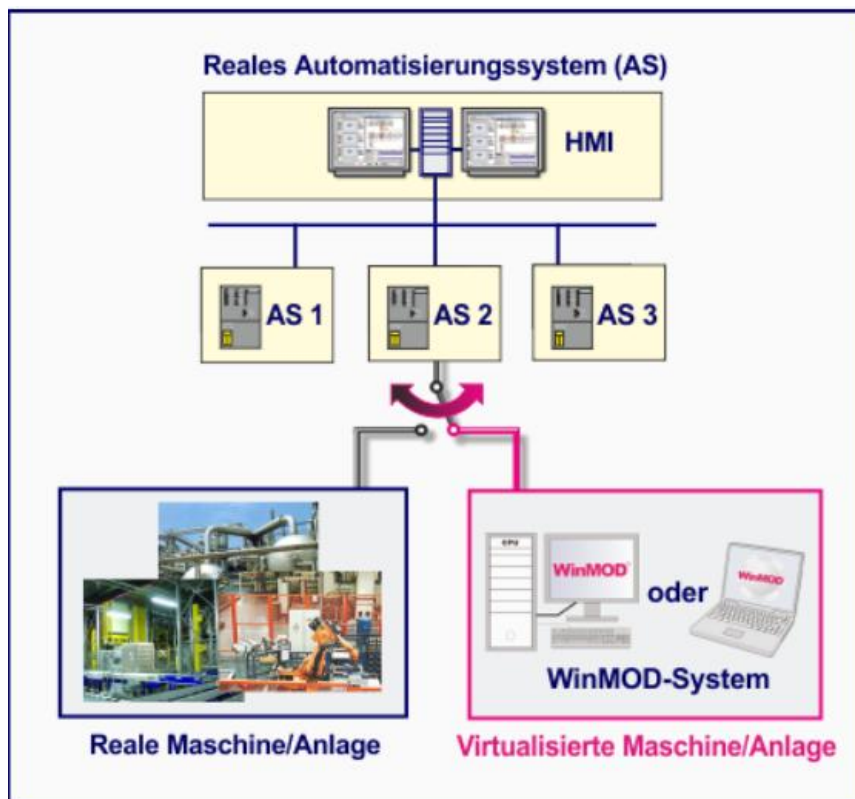


Abbildung 13: Schematischer Aufbau einer Maschinensimulation <sup>86</sup>

<sup>86</sup> Vgl. Mewes & Partner GmbH: Was sind die Ziele bei der Nutzung von WinMOD  
URL: <http://www.winmod.de/de/index.php?page=ziele> Abrufdatum 14.08.2015

## **2.4.1. SOLL- Betrachtung**

In der Soll-Betrachtung wird der gewünschte Zustand mit der Auswahl einer geeigneten Maschinensimulationsumgebung behandelt. Es werden die Auswahlkriterien definiert und für eine transparente Entscheidung aufbereitet.

### **2.4.1.1. Untersuchung möglicher Umgebungen**

Zu Beginn des Auswahlprozesses erfolgt die Bildung eines Projektteams aus erfahrenen Kollegen der Softwareentwicklung. Es erfolgt ein Brainstorming und die Recherche nach potentiellen am Markt verfügbaren Simulationsumgebungen die für den benötigten Simulationsumfang geeignet sind.

Die Anforderungskriterien lauten:

- Mehrere Siemens S7 SPS Systeme müssen unterstützt werden
- Die Simulation soll sowohl mit Hardware & Software SPS verwendbar sein
- Der Kostenrahmen von 10.000 € darf nicht überschritten werden
- Der Herstellersupport muss gegeben sein
- Ein Automatisches testen muss unterstützt werden
- Einfache Portierbarkeit auf weitere Anlagen
- Bibliothek/Vorlagen Verwaltung

Alle Umgebungen in der Tabelle erfüllen die Grundanforderungen.

Es entstand die Tabelle mit möglichen Systemumgebungen:

Name:	SimIT	WinMOD	Trysim	LabView	Excel
Hersteller	Siemens AG	Mewes-Partner GmbH	Cephalos GmbH	National Instruments	Microsoft Cooperation
Homepage	<a href="http://www.siemens.com/simIT">www.siemens.com/simIT</a>	<a href="http://www.mewes-partner.de">www.mewes-partner.de</a>	<a href="http://www.trysim.de">http://www.trysim.de</a>	<a href="http://www.ni.com/austria">www.ni.com/austria</a>	<a href="http://www.microsoft.at">www.microsoft.at</a>
Projektierungsaufwand:	Einfaches Konzept, erstellen automatisch möglich, Kompetenz im Hause. Projektierung Grafisch mit IEC Elementen . Siemens Produkt Kopierbarkeit	Einfaches Konzept, erstellen automatisch möglich, Kompetenz im Hause. Projektierung Grafisch mit IEC Elementen. Kopierbarkeit	Keine Information	Offener Standard, aber nur bedingt für Maschinensimulation aufgrund der Schnittstellen möglich	VBA routine
Hardwareschnittstelle	JA	JA	JA	JA, libnodave	libnodave
PLC Sim tauglich	JA	JA bis Vxx	JA	NEIN	libnodave
Unterstützung für Scripts	NEIN	JA	NEIN	NEIN	JA mit VBA Makros
Flexibilität (Erweiterbarkeit)	JA	JA	?	JA	Schwierig
Batch Prozesse	JA	JA mit force machine	?	?	JA mit VBA Makros
Preis	8500	7000	4800	4600	Lizenz im Hause
Kontakt	Herr Iffländer +49 9131 7-23725	Herr Wünsche +49 3302 2097 0	Herr Wilhelm +49 4961 2322	Herr Petri +43 662 457990 16	Microsoft Austria
Sonstiges	Kompetenz durch Kollege A	Kompetenz durch Kollege B Gute Rückmeldung seitens der Kollegen	keine Kompetenz im Haus	National Instruments in der Nähe von Salzburg, Systemerfahrung durch Kollege A & B	Excel Kompetenz vorhanden

**Tabelle 7: Übersicht möglicher Simulationsumgebungen**



### **2.4.1.2. Vorauswahl der Umgebungen**

Im ersten Auswahlprozess werden die Softwarehersteller um den Funktionsumfang der möglichen Produkte befragt und Vertreterbesuche anberaumt.

Es zeichnet sich im Auswahlprozess ab:

Microsoft Excel fällt aufgrund der Komplexität und nur bedingter Verwendungsfähigkeit für eine Maschinensimulation aus. Zusätzlich wird eine Freeware DLL benötigt, die Weiterentwicklung dieser ist unklar. Die Problematik mit den Versionswechseln Office 2010, Office 2013 fortfolgend, ist ebenso ein Ausscheidungsgrund.

National Instruments: Lab View ist eine grafische Softwareentwicklungsumgebung und nicht für die Maschinensimulation gedacht, es sind keine SPS Treiber verfügbar, diese müssten erst selbst erstellt werden.

Try Sim ist gänzlich unbekannt und der Hersteller war nicht zu erreichen, es stellte sich somit die Frage ob dieser Hersteller noch aktiv am Markt teilnimmt und dieses Produkt überhaupt noch zur Verfügung steht. Es wurde im Projektteam beschlossen dieses Produkt von der Teilnehmerliste zu streichen.

Nach der Auswahl aus den fünf Optionen erfolgte die Eingrenzung auf 2 Produkte, die im weiteren Siemens SimIT und Mewes und Partner WinMod sind. Es sind bereits Erfahrungen mit den Systemplattformen beider Hersteller von einigen Kollegen vorhanden.

### 2.4.1.3. Kurzvorstellung Siemens SimIT

SimIT ist eine Maschinensimulationsumgebung aus dem Hause Siemens und ist bestimmungsgemäß für den Einsatz an Automatisierungssystemen von Siemens gedacht. Die Systemunterstützung reicht dabei von der S7-300 Serie bis zur neuesten Generation der S7-1200 und S7-1500 Serie.

Der Hersteller beschreibt das Produkt wie folgt:

„Der stetig steigende Druck auf Projekttermine und Profitabilitätsziele in der Automatisierung fordert kürzere Aufbau- und Startupzeiten für neue Produktionslinien oder Anlagenmigrationen. Zudem ist der Bedarf an qualifiziertem Personal in den letzten Projektphasen, z. B. während der Inbetriebnahme, eine besondere Herausforderung.

Die Antwort: SIMIT – ein anwenderfreundliches, effektives Tool, um das Testen Ihrer Automatisierungsprojekte problemlos einzurichten. SIMIT ermöglicht die Echtzeitsimulation für umfassende Überprüfungen der Technik und die virtuelle Inbetriebnahme von Anlagen, Maschinen und Prozessen – vom Büro aus, und sogar dann, wenn die Anlagenausrüstung nicht verfügbar ist.

Mit SIMIT Simulation Framework erweitert Siemens sein Integrated Engineering Portfolio, indem virtuelle Inbetriebnahme in den gesamten Anlagen- und Projekt-Lebenszyklus mit einbezogen wird.“<sup>87</sup>

---

<sup>87</sup> Siemens AG, Schneller zum Null-Fehler Startup mit virtueller Inbetriebnahme URL:  
<http://www.industry.siemens.com/verticals/global/de/chemical-industries/angebote/seiten/simit.aspx>  
Abrufdatum 14.08.2015

Zur Veranschaulichung der Systemumgebung ein Screenshot:

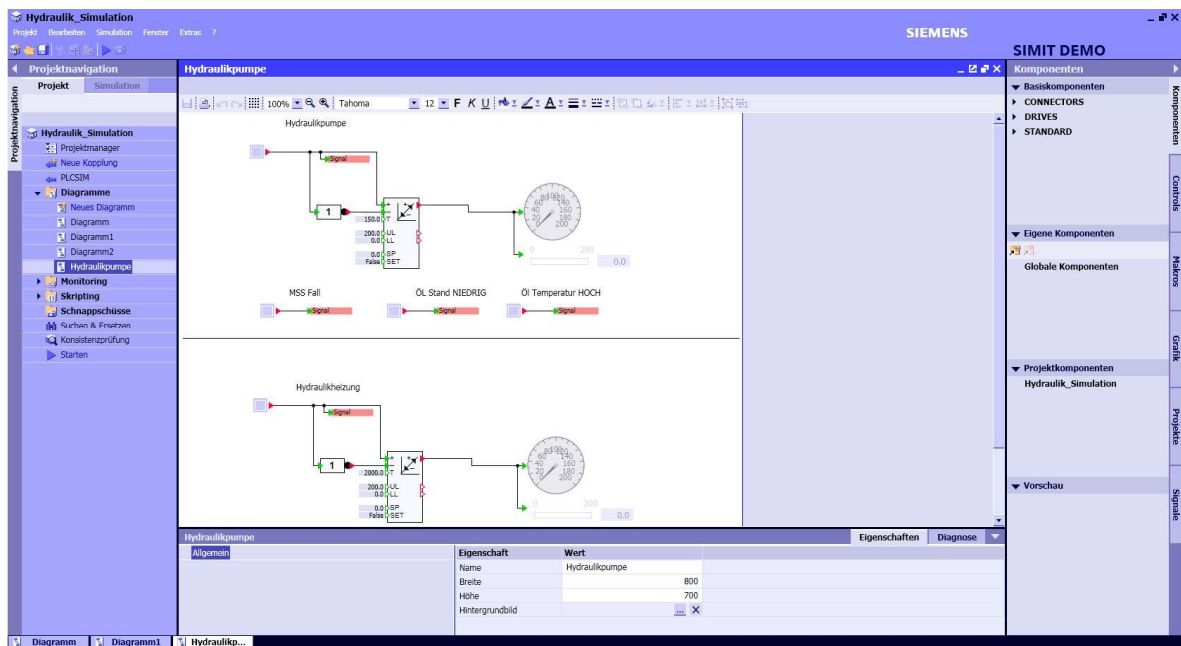


Abbildung 14: Screenshot Siemens SimIT

#### **2.4.1.4. Kurzvorstellung Mewes und Partner WinMod**

WinMod ist eine ganzheitliche herstellerunabhängige Maschinensimulationsumgebung, das heißt sie ist mit unterschiedlichen Systemen von unterschiedlichen Herstellern kompatibel und verwendbar.

Die Firma Mewes und Partner ist Hersteller dieser Softwareplattform und beschreibt ihr Produkt wie folgt:

„Die WinMod-Systemsoftware ist die Basis der WinMod-Systeme. Mit ihr wird die Maschine/Anlage virtualisiert und das Verhalten simuliert. WinMOD vereint somit das Engineering, die Simulation in Echtzeit und das Online-Bedienen und -Beobachten in einem System.

Durch die Verbindung der WinMod-Systemsoftware mit den WinMod-Konfigurationen entstehen die spezifischen WinMod-Arbeitsplätze für die entsprechenden Automatisierungen.

Die in einem WinMod-Projekt abgebildeten virtualisierten Maschinen/Anlagen in einem WinMod-System werden sehr einfach durch Drag & Drop erstellt und konfiguriert.

Eine Systemprogrammierung wird nicht benötigt. Das Simulationsprojekt kann in der Simulationstiefe von der einfachen I/O Simulation bis zur Prozesssimulation aufgabenspezifisch frei wählbar strukturiert werden.

Der Engineering Aufwand ist minimal und wird ausschließlich durch die Nutzungsziele bestimmt. Die Konfigurations- und Laufzeitumgebung ist direkt integriert.“<sup>88</sup>

---

<sup>88</sup> Mewes & Partner GmbH: Die WinMod Systemsoftware

URL: <http://www.winmod.de/de/index.php?page=systemsoftware> Abrufdatum 14.08.2015

Ein Screenshot von WinMOD:

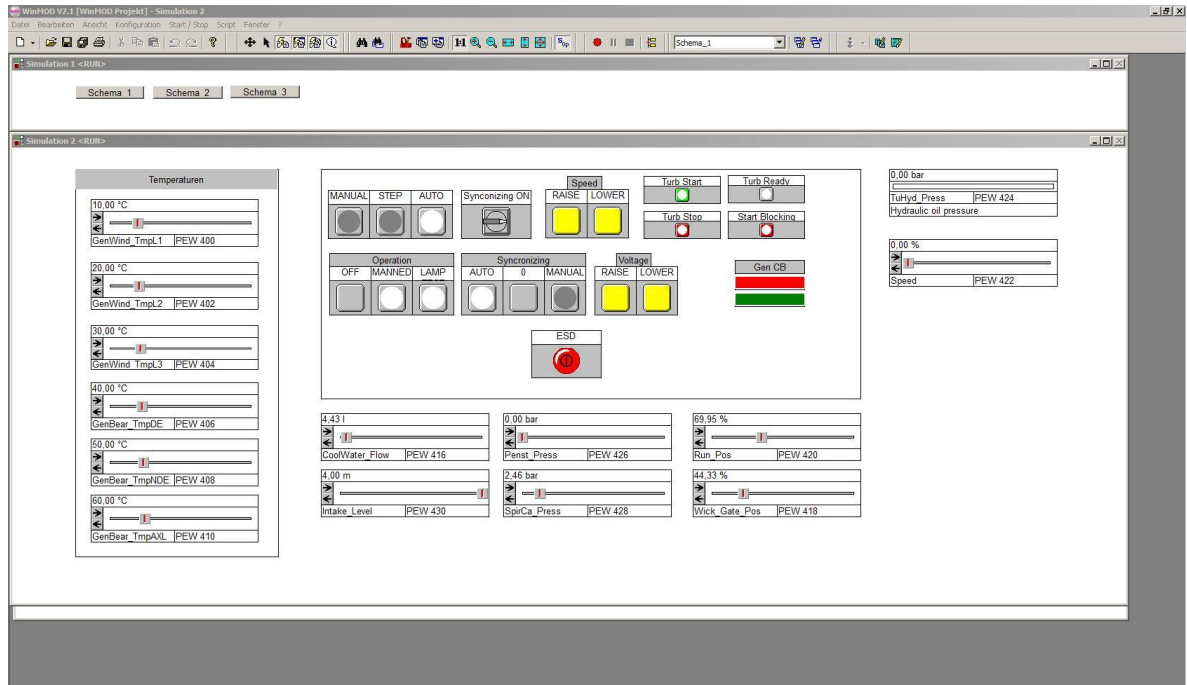


Abbildung 15: Screenshot von Mewes und Partner WinMOD

### 2.4.1.5. Detailauswahl der Umgebungen

Es erfolgt der Direktvergleich von SimIT und WinMod mittels Evaluierungsversionen beider Hersteller. Dabei wurde nachfolgende Punktbewertungstabelle erstellt.

Die Punktevergabe erfolgt mit dem Schema: Funktion vollständig erfüllt 10 Punkte, Funktion teilweise erfüllt 5 Punkte. Funktion nicht gegeben 0 Punkte.

Die Gesamtpunkte ergeben sich aus der Multiplikation der Punkte mit der Gewichtung.

Funktion	Gewicht	Punkte Winmod	Punkte SimIT	Gesamtpunkte WinMOD	Gesamtpunkte SimIT
Grafische Oberfläche	0,05	10	5	0,5	0,25
Einzelne Elemente	0,05	5	10	0,25	0,5
100% Drag and Drop Bedienung	0,1	5	10	0,5	1
Fenstermanagement	0,05	10	5	0,5	0,25
Skriptunterstützung	0,025	10	0	0,25	0
Supportdokumentation	0,025	10	5	0,25	0,125
Hilfdatei	0,025	5	10	0,125	0,25
Zeitfunktionen	0,05	10	5	0,5	0,25
Mathematische Funktionen	0,05	5	10	0,25	0,5
Makroerstellung	0,025	10	5	0,25	0,125
Hotkey	0,025	10	0	0,25	0
Skriptaufzeichnung	0,1	10	0	1	0
PLC Sim Automatisch starten	0,05	10	0	0,5	0
Zeitaufwand Erstellung Funktionsmodul	0,1	5	10	0,5	1
Grafikdateien	0,1	5	0	0,5	0
Support PCS 7	0,025	10	10	0,25	0,25
Performance	0,05	10	5	0,5	0,25
Telefonsupport Wartezeit	0,1	10	5	1	0,5
Summe:	1	150	95	7,875	5,25

**Tabelle 8: Detailvergleich der engeren Auswahl**

Am Ende erfolgt der Zuschlag für das Programm mit den meisten Punkten.

## **2.5. Softwareentwicklung**

Kapitel 2.5 behandelt das Thema der Softwareentwicklung, wobei der Punkt 2.5.1 die momentane IST-Situation der Softwareentwicklung beschreibt, die es zu verbessern und zu optimieren gilt.

Kapitel 2.5.2 soll das Ergebnis darstellen, in welches bereits die Erkenntnisse des Risikomanagements und die gewünschten Sollvorstellungen von Produktivität und Optimierung eingeflossen sind.

Eine detaillierte Aufstellung der Softwareentwicklung für die Steuerungssoftware und die Bediensoftware in Form einer grafischen Visualisierung, wird in dieser Diplomarbeit der Einfachheit halber nicht durchgeführt.

Die Steuerungssoftware steht hierbei stellvertretend für die Software und die Visualisierung welche als Bedienerschnittstelle dient (HMI).

## **2.5.1. IST-Betrachtung**

Kapitel 2.5.1 umfasst die aktuelle Vorgangsweise bei der Softwareentwicklung für Wasserkraftanlagen.

### **2.5.1.1. Softwareentwicklungsprozess IST**

Die Kraftwerks-Steuerungssoftware wird für die Anlage entsprechend der gewünschten und notwendigen Anforderungen erstellt.

Zu Beginn der Entwicklung stehen die Funktionsbeschreibung und die Geräteliste bereit.

Diese Geräteliste resultiert in einer sogenannten Datenpunktliste (DPL), welche die Ein- und Ausgänge für das jeweilige Gewerk beschreibt. Rückmeldungen und Statusmeldungen der Gewerke nach innen, als Sensoren, und nach außen, als Motoren oder Ventile, erfolgt über sogenannte IOs, die sowohl digital als auch analog sein können.

In Übereinstimmung von Funktionsbeschreibung und Datenpunktliste, entstehen individuelle, sogenannte Funktionsbausteine die Baugruppenfunktionen wie Hydraulik, Maschinenschutz, Turbinenregelung, Schmierung, usw. enthalten.

Für jeden dieser Bausteine müssen Logikfunktionen abgearbeitet und neu erstellt werden. Dies ist mitunter sehr aufwändig, da ein Motor andere Funktionen besitzt wie zum Beispiel ein Ventil.

Wie bereits in den technischen Grundlagen beschrieben, sind für unterschiedliche Turbinentypen, unterschiedliche Regelungsarten und Regelungsglieder notwendig.

Eine der aufwändigsten Turbinen ist mit Sicherheit die Kaplanturbine, da hier der Läufer im genauen Verhältnis zum Laufrad verfahren muss, um einen optimalen Energieertrag und Effizienz zu erreichen.



Jedes dieser Regelungsglieder benötigt eine eigene Regelungslogik und eine entsprechende Ansteuerung.

Folgender Screenshot illustriert den Aufwand für eine simple Motoransteuerung:

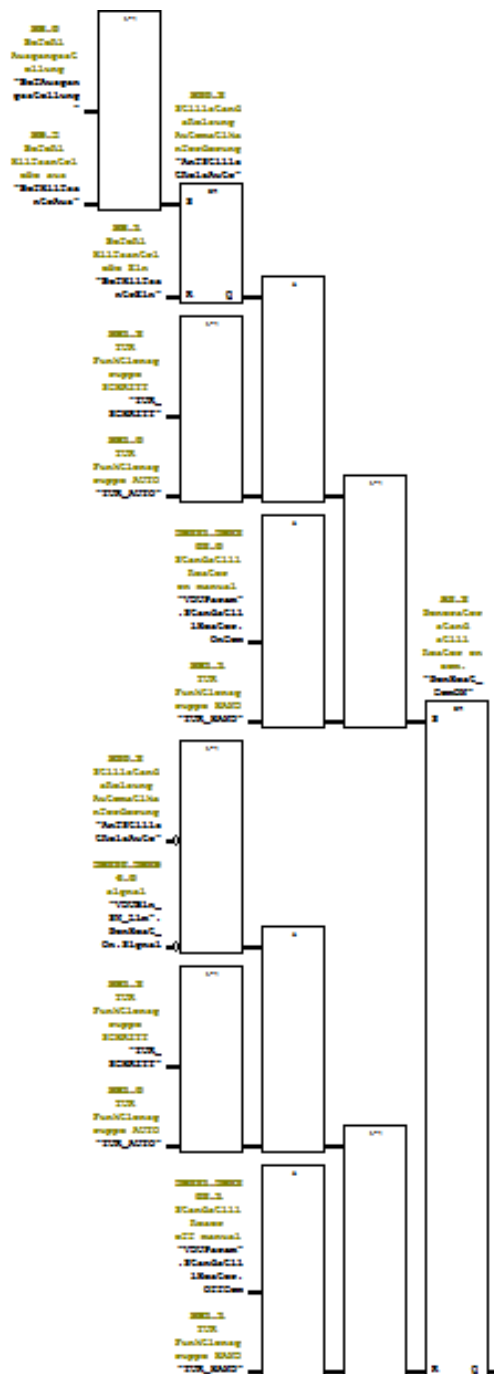


Abbildung 16: Ansteuerung eines Motors

### 2.5.1.2. Produktivität

Die kalkulierte Programmierdauer beträgt für eine Standardanlage, zwei Mann Monate. Dies entspricht ca. 250 Mannstunden, wobei der interne Stundensatz € 100,- inkl. Fixkosten beträgt.

In Anwendung, des in Kapitel 2.2.1 eruierten Faktor der Produktivität ergibt dies:

$$\text{Arbeitsproduktivität} = \frac{\text{Erzeugte Menge}}{\text{Arbeitsstunden}} = \frac{1 \text{ Anlage}}{250 \text{ Stunden}} = \frac{1}{250} = 0,004$$

### 2.5.1.3. Wirtschaftlichkeit

Umgerechnet auf die Wirtschaftlichkeit (Gliederungspunkt 2.2.2) muss der Verkaufspreis über 25.000 € liegen. Er wird mit 100.000 € festgelegt.

Diese Werte eingesetzt in die Gleichung ergeben:

$$\text{Wertmäßiger Faktoreinsatz} = \text{Anzahl Stunden} * \text{Preis} = 250 \text{ €} * 100 \text{ €} = 25.000 \text{ €}$$

$$\text{Wirtschaftlichkeit} = \frac{\text{wertmäßiger Faktorertrag}}{\text{wertmäßiger Faktoreinsatz}} = \frac{100.000 \text{ €}}{25.000 \text{ €}} = 4$$

#### 2.5.1.4. Umsatzrentabilität

Wird nun anhand der ermittelten Daten die Umsatzrentabilität (siehe Gliederungspunkt 2.2.4) berechnet, ergibt sich die Situation wie folgt:

$$\begin{aligned} \text{Gewinn} &= \text{Verkaufspreis} - \text{Erzeugungskosten} = 100.000 \text{ €} - 25.000 \text{ €} \\ &= 75.000 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\text{Umsatzrentabilität} = \frac{\text{Gewinn}}{\text{Umsatz}} \times 100 = \frac{75.000 \text{ €}}{100.000 \text{ €}} \times 100 = 75\%$$

#### 2.5.1.5. Fazit Softwareentwicklung Ist

Die berechneten Werte wirken im ersten Augenblick durchaus zufriedenstellend. Bei näherer Betrachtung jedoch sollte bedacht werden, dass der Mitbewerber mit einem weitaus geringerem Verkaufspreis am Markt auftritt.

## **2.5.2. SOLL- Betrachtung**

Kapitel 2.5.1 umfasst die gewünschte Vorgangsweise bei der Softwareentwicklung für Wasserkraftanlagen.

### **2.5.2.1. Softwareentwicklungsprozess SOLL**

Um dem Kostendruck der internationalen Märkte gerecht zu werden, liegt es nahe, Kosten zu senken, in Form einer Optimierung des Software Entwicklungsprozesses. Da sich hieraus Synergien ergeben erfolgt gleichzeitig die Einführung der neuesten SPS-Steuerungsgeneration.

Das Projektvolumen beträgt 2.000.000 Euro.

Der Prozess der Softwareentwicklung bleibt dabei nahezu ähnlich wie in Punkt 2.5.1.1, die Funktionsbeschreibung und die DPL sind identisch.

Der maßgebliche Unterschied besteht jedoch darin, dass nun vorgefertigte Module und Funktionen für die einzelnen Gewerke erstellt werden.

Diese Module können dann beliebig oft kopiert werden.

Des Weiteren werden komplett autarke Funktionen für die unterschiedlichen Turbinentypen wie Kaplan, Francis und Pelton entwickelt (vgl. technische Grundlagen der Turbinentypen). Diese Funktionen enthalten alle notwendigen Regler für die Positionierung und die Diagnosefunktionen.

Diese Funktionen sind später nur noch durch das Entwicklungsteam änderbar und kann als Sicherheit im Sinne der Produkthaftung verstanden werden.

Die entwickelten Funktionen werden mit einer Simulationsumgebung ausgiebig getestet, um die geforderte Funktion zu erfüllen.

(vgl. Auswahl und Installation einer Simulationsumgebung Gliederungspunkt 2.4)

Der wesentliche Unterschied zum bisherigen Prozess besteht darin, dass sich über eine Konfigurationsschnittstelle selektieren lässt, welche Type von Turbine mit welcher Type von Generator gekoppelt ist. Für die Generatoren wird eine gemeinsame Software entwickelt. Die Unterscheidung zwischen Asynchron- und Synchrongenerator erfolgt durch einen Softwareschalter (Parameter). Die Selektion der Turbinentypen, wird mittels unterschiedlichen Softwareversionen realisiert.

Die Devise lautet: Weg von der Programmierung hin zur Parametrierung.

Zusätzlich lässt diese Entwicklung Raum für individuelle Funktionen.

Es werden Module wie Motoren, Ventile, Schalter und Temperaturregler in einer Bibliothek bereitgestellt, die sodann in weiterer Folge nur noch verschaltet werden müssen.

Dieser Parametrier- und Programmierprozess stellt sich wie die Abbildung zeigt, folgendermaßen dar:

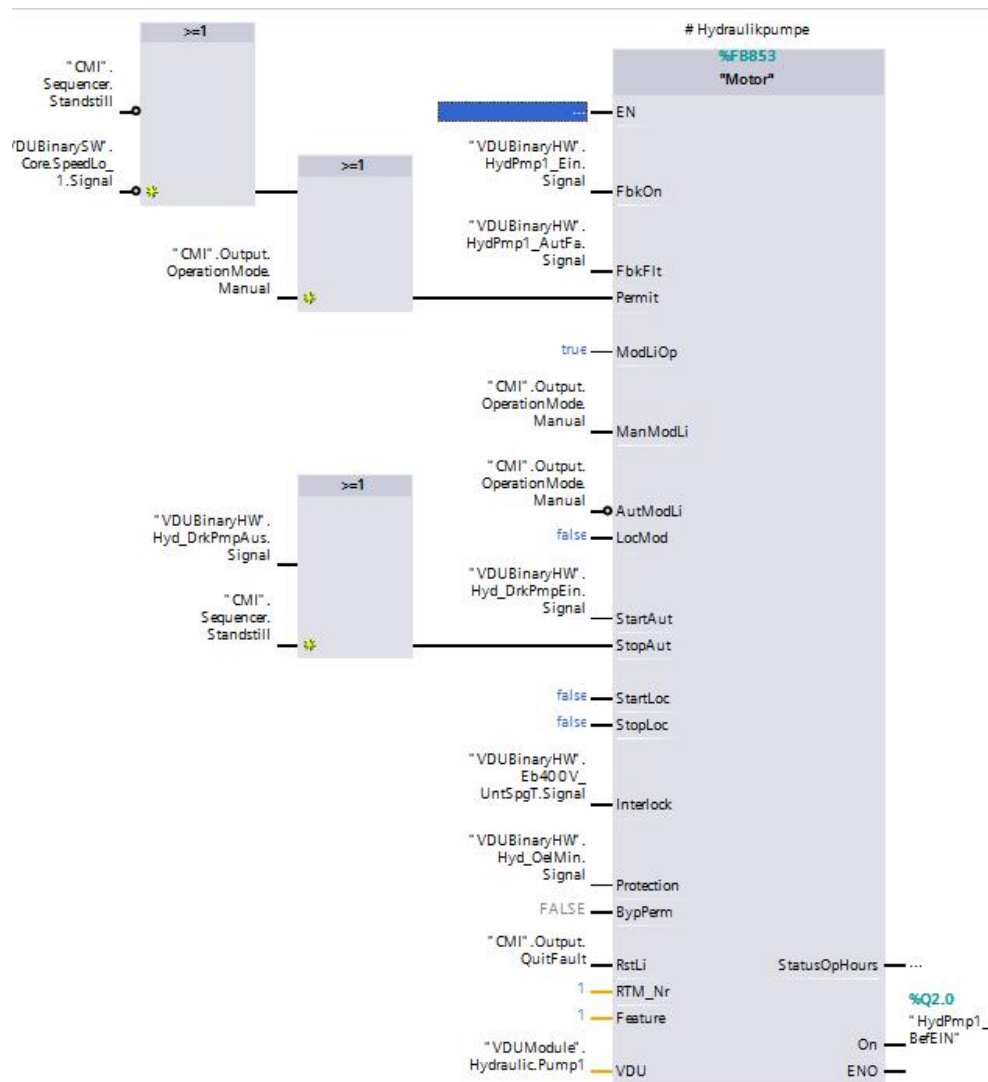


Abbildung 17: Ansteuerung eines Motors neu

### 2.5.2.2. Produktivität

Durch dieses Maßnahmenpaket verringert sich die aufgewendete Entwicklungsdauer auf unter 75% des ursprünglichen Ausmaßes.

Die Programmierdauer beträgt nunmehr 185 Entwicklerstunden was 1,24 Mannmonaten entspricht, wobei ein Mannmonat 150 Stunden umfasst.

Der interne Stundensatz liegt wieder bei € 100 .

$$\text{Arbeitsproduktivität} = \frac{\text{Erzeugte Menge}}{\text{Arbeitsstunden}} = \frac{1 \text{ Anlage}}{185 \text{ Stunden}} = \frac{1}{185} = 0,0054$$

### 2.5.2.3. Wirtschaftlichkeit

Für die Wirtschaftlichkeit muss der Verkaufspreis nach marktanalytischen Untersuchungen von 100.000 € wie ursprünglich geplant, auf 90.000 € sinken.

Diese neuen Werte in der Gleichung ergeben:

$$\text{Wertmäßiger Faktoreinsatz} = \text{Anzahl Stunden} * \text{Preis} = 185 \text{ €} * 100 \text{ €} = 18.500 \text{ €}$$

$$\text{Wirtschaftlichkeit} = \frac{\text{wertmäßiger Faktorsertrag}}{\text{wertmäßiger Faktoreinsatz}} = \frac{90.000 \text{ €}}{18.500 \text{ €}} = 4,86$$

#### 2.5.2.4. Umsatzrentabilität

Für die Umsatzrentabilität ergibt dies:

$$\begin{aligned}\text{Gewinn} &= \text{Verkaufspreis} - \text{Erzeugungskosten} = 90.000\text{€} - 18.500\text{€} \\ &= 71.500\text{€}\end{aligned}$$

$$\text{Umsatzrentabilität} = \frac{\text{Gewinn}}{\text{Umsatz}} \times 100 = \frac{71.500\text{€}}{90.000\text{€}} \times 100 = 79,44\%$$

#### 2.5.2.5. Berechnung des ROI / Break Even / Amortisation

Die Entwicklungskosten müssen für die ROI Berechnung mit den erzielten Erkenntnissen der Softwareentwicklung in Relation gesetzt werden.

Das Investierte Kapital (Projektvolumen) beträgt 2.000.000 €.

Der Umsatz beträgt 90.000 € und die Kosten belaufen sich auf 18.500 €.

Der ROI berechnet sich hierbei wie in Kapitel 2.2.4 beschrieben nach der Formel:

$$\begin{aligned}ROI &= \frac{\text{Gewinn}}{\text{Investiertes Kapital}} \times 100 = \frac{\text{Umsatz} - \text{Kosten}}{\text{Investiertes Kapital}} \times 100 \\ &= \frac{90.000\text{€} - 18.500\text{€}}{2.000.000\text{€}} \times 100 = 3,575\%\end{aligned}$$

Nach Berechnung des ROI ergeben sich 3,575%, das heißt pro abgewickelten Projekt fließen 3,575% der Investitionssumme zurück, das sind € 71.500.



Der Break Even berechnet sich nach der Gleichung aus Kapitel 2.2.5:

$$X_{Be} = \frac{K_f}{p - k_v} = \frac{2.000.000 \text{ €}}{90.000 \text{ €} - 18.500 \text{ €}} = 27,97 \text{ Einheiten}$$

Das heißt nach ~ 28 Projekten sind die Entwicklungskosten verdient.

Die Amortisation berechnet sich nach der Formel aus dem Kapitel 2.2.6.

Pro Jahr werden nach dem Ist Stand der Softwareentwicklung 10 Projekte abgewickelt. Der Stundenaufwand beträgt dabei 250 Stunden.

Dies entspricht 2500 Gesamtstunden. Bei durchschnittlich 150 Stunden pro Monat ergibt dies 16,66 Mannmonate.

$$\begin{aligned} \text{Amortisationsdauer} &= \frac{\text{Investitionsauszahlung } I_0}{\text{Projektrückfluss } R * \text{Projekte}} [\text{Jahre}] = \frac{2.000.000 \text{ €}}{71.500 \text{ €} * 10} \\ &= 2,79 \text{ Jahre} \end{aligned}$$

Das heißt für die Amortisation der Softwareentwicklung berechnet mit 10 Projekten pro Jahr (ohne Stundenersparnis) ergibt sich eine Amortisationszeit von 2,79 Jahren. Dies sind circa 2 Jahre und 10 Monate.

Erfolgt die Berechnung nun aber mit der Stundenoptimierten Version von 185h Stunden Entwicklungszeit pro Projekt, können auf Basis von 2500 Jahresstunden 13,5 Projekte abgewickelt werden (2500h / 185h = 13,5 Projekte).

$$\begin{aligned} \text{Amortisationsdauer} &= \frac{\text{Investitionsauszahlung } I_0}{\text{Projektrückfluss } R * \text{Projekte}} [\text{Jahre}] = \frac{2.000.000 \text{ €}}{71.500 \text{ €} * 13,5} \\ &= 2,07 \text{ Jahre} \end{aligned}$$

Eingesetzt in die Gleichung ergibt dies eine Amortisationsdauer von 2,07 Jahren was wiederum circa 2 Jahren und einem Monat entspricht.

### **2.5.2.6. Fazit Softwareentwicklung SOLL**

Durch das Einsetzen von 2.000.000 € Entwicklungsbudget wird der Arbeitsaufwand um 25 % gesenkt, was wiederum eine Produktivitätssteigerung von 0,004 auf 0,0056 ergibt, wobei die Wirtschaftlichkeit von 4,00 auf 4,86 steigt.

Die Umsatzrentabilität steigt von 75,00 % um 4,44 % auf 79,44 %.

Nach bereits 28 realisierten Projekten, was einem zeitlichen Rahmen von 2 Jahren und einem Monat entspricht, sind die Entwicklungskosten zurückgeflossen.

Zusammenfassend steigen der Gewinn, die Wirtschaftlichkeit und die Produktivität, bei einer Kostensenkung des Aufwandes, durch die Entwicklung dieser Programmierstandards erhöht sich somit sich der Output bei gleichzeitiger Verringerung der Entwicklungskosten, was in weiterer Folge zu einem Wettbewerbsvorteil und möglicherweise zu einem gesteigerten Marktanteil führen kann.

Betrachtet man allerdings die andere Seite der Medaille, sind die Risiken nicht aus den Augen zu verlieren und stets zu kontrollieren.

In Summe überwiegen die Vorteile bei einer erfolgreichen Realisierung des Projektes.

### **3. Zusammenfassung**

In diesem Gliederungspunkt erfolgen die Zusammenfassung der Ergebnisse und ein Ausblick auf Konsequenzen sowie weitere Maßnahmen.

#### **3.1. Ergebnis**

Durch die fortschreitende Globalisierung der Märkte setzt ein immer stärker werdender Wandel vom Verkäufer zum Käufermarkt ein. Demzufolge steigt der Kostendruck für jegliche Art von Anbieter auf dem Markt, so auch im Projektgeschäft und insbesondere in der Softwareentwicklung.

Gerade in der Softwareentwicklung für Industrieanlagen und auch Wasserkraftwerken als Erzeugungsanlagen, wo der Materialeinsatz verhältnismäßig gering und der Personalaufwand traditionell höher ist, wirkt sich der Markteintritt von Mitbewerbern aus Ländern wie Kroatien oder Polen erheblich auf die Preisgestaltung aus.

Die Entscheidungsgrundlage mit der höchsten Gewichtung ist der Angebotspreis. Der Rahmen liegt hierbei im Bereich von 70 - 90%.

Durch hauptsächlich diese Faktoren getrieben, musste eine Optimierung und Kostensenkung des bisherigen Entwicklungsaufwandes erfolgen, um weiterhin wettbewerbsfähig zu bleiben.

Durch eine modularisierte Zusammenstellung von Entwicklungs- und Programmierstandards kann diese realisiert werden.

Da ein Entwicklungsprojekt mit finanziellen Investitionen einhergeht, ist es umso wichtiger eine sogenannte Risikoanalyse durchzuführen.

Die Vorgehensweise beinhaltet hierbei die Erfassung von Risiken und einer entsprechenden Bewertung. Daraus ergeben sich unterschiedliche Handlungsweisen. Diese Handlungsweisen können sowohl aktiv als auch passiv erfolgen, indem Risiken präventiv, also bevor sie entstehen, oder korrektiv, nachdem sie entstanden sind, beseitigt werden.

Die Bewertung und Analyse der Risikowahrscheinlichkeiten und der Auswirkungen erfolgte in einem weiteren Schritt. Da dieses Verfahren sehr von den beteiligten Personen abhängt ist dieses entsprechend subjektiv zu interpretieren. Deshalb wurde ein sogenanntes Risikoteam gebildet und installiert, um die kalkulierten Risikokosten auf ein Minimum zu reduzieren und demzufolge die Risiken überschaubar und planbar zu machen. Es wurde sich dabei des Instruments der Risikomatrix bedient.

Aus der Risikomatrix ergeben sich somit Maßnahmen zur Minderung möglicher Risiken, wie zum Beispiel die Einführung einer Maschinensimulationsumgebung um technische Risiken zu reduzieren.

Zuerst erfolgte die Definition der Anforderungen an eine praktikable Maschinensimulationsumgebung. Diese Kriterien lauteten:

- Mehrere Siemens S7 SPS System müssen unterstützt werden
- Die Simulation soll sowohl mit Hardware & Software SPS verwendbar sein
- Der Kostenrahmen von 10.000 € darf nicht überschritten werden
- Der Herstellersupport muss gegeben sein
- Ein automatisches Testen muss unterstützt werden
- Einfache Portierbarkeit auf andere Anlagen
- Bibliothek/Vorlagen Verwaltung

Nun wurden Recherchen durchgeführt und eine Auswahl von fünf möglichen Kandidaten in einer Tabelle erfasst. Es fand nun im Team eine Vorauswahl statt, bei der nun zwei Kandidaten in die engere Auswahl kamen.

Die Letzt Auswahl erfolgte zwischen den Produkten Siemens SimIT und Mewes und Partner WinMOD. Die Detailauswahl erfolgte mit vorher abgestimmten Kriterien und Gewichten in einem Punktbewertungsschema, unter Zuhilfenahme der Entscheidungstheorie.

Die Softwareplattform mit den meisten Punkten wurde ausgewählt und eingeführt. Dies ist die Software WinMOD von Mewes und Partner.

Die Ist-Situation der Softwareentwicklung konnte den gestiegenen Anforderungen, vor allem dem Kostendruck des Marktes nicht mehr standhalten. Es musste eine Weiterentwicklung erfolgen.

Durch ein modulares Entwicklungskonzept wurde das Ziel der Parametrierung erreicht. Über eine Konfiguration kann anhand bereits vorgefertigter Module für die drei gängigsten Turbinen (Kaplan, Francis und Pelton) und den Generatoren (Asynchron und Synchron) selektiert werden, um welchen Typ von Kraftwerk es sich handelt.

Des Weiteren wurden vorgefertigte Bausteine für Motoren, Ventile, Schalter und Temperaturregler entwickelt und in einer Bibliothek bereitgestellt, sodass diese nur noch verschaltet werden müssen.

Infolge dessen ergab sich eine Verbesserung der Faktoren Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Umsatzrentabilität.

Die angeführte Tabelle verdeutlicht die Ergebnisse.

Faktor	Softwareentwicklung IST	Softwareentwicklung SOLL	Delta
Entwicklungsstunden	250	185	65
Produktivität	0,004	0,054	0,05
Wirtschaftlichkeit	4	4,86	0,86
Umsatzrentabilität	75%	79,44%	4,44%

**Tabelle 9: Vergleich IST zu SOLL**

Bei einem Entwicklungsbudget von 2.000.000 Euro setzt der Break Even bei 28 Projekten ein. Bisher konnten pro Jahr etwa zehn Projekte realisiert werden, hierbei würde die Amortisation nach zwei Jahren und 10 Monaten erfolgen.

Durch die eingesetzten Maßnahmen stieg jedoch die Produktivität derart, dass nunmehr 13,5 Projekte pro Jahr abgewickelt werden können. Die Amortisation verringert sich somit auf zwei Jahre und ein Monat.

### **3.2. Konsequenzen**

Durch die Steigerung der Produktivität (13,5 Projekte) ist es nun auch möglich an weiteren Märkten teilzunehmen und einen Expansionskurs anzustreben.

Ein weiteres wesentliches Merkmal ergibt sich durch die Umstellung auf eine neue Steuerungsgeneration. Es entsteht ein Alleinstellungsmerkmal in der Branche, das zu weiteren Wettbewerbsvorteilen führt und Eintritte in bereits sehr stark umkämpfte Märkte ermöglicht. Diese stark umkämpften Märkte konnten mit der bisherigen Preis- und Kostensituation nicht bedient werden.

Da die Kunden diese neue Generation der Steuerungstechnik bereits stark nachfragen, lässt sich ein durchaus höherer Verkaufspreis als erwartet lukrieren.

Weitere Maßnahmen für die Zukunft sind einerseits die Betrachtung und Bewertung der Inbetriebnahme der neu entwickelten Software im Vergleich zu der vorherigen Lösung und andererseits die Möglichkeiten die die etablierte Lösung der Maschinensimulation mit sich bringt.

So kann es durchaus möglich sein, sowohl Regler und Wirkungsgrad-Optimierungen für bestehende Kraftwerke durchzuführen, als auch das theoretische Engineering von ganzen Kraftwerksketten mit Wirkungsgradanalysen und Wasserverbrauchsprognosen umzusetzen, ohne auch nur eine Baumaschine zu bewegen.

Als weitere Einsatzmöglichkeit wäre ein Baukastensystem vorstellbar, indem nur wenige Parameter, wie zum Beispiel Wassermenge, Fallhöhe, Generator und Turbinentyp vorgegeben werden, um den optimalen Wirkungsgrad eines Wasserkraftwerks zu eruieren.

## 4. Quellennachweis / Literaturverzeichnis

Literaturquellen:

Altenähr, Volker; Nguyen, Tristan; Romeike, Frank: Risikomanagement Kompakt  
1. Aufl. VWW 2009

Basseler, Ulrich; Heinrich, Jürgen; Utecht, Burkhard:  
Grundlagen und Probleme der Volkswirtschaft 19. Aufl. Schäfer 2010

Denk, Robert; Exner-Merkelt, Karin; Ruthner, Raoul: Risikomanagement im  
Unternehmen – Ein Überblick in Schriftenreihe zur wirtschaftlichen Forschung  
und Praxis - Wien: Fachhochschule des bfi Wien Jahrgang 3 Nr. 4 Mai 2006

Fischer, Rolf: Elektrische Maschinen 13. Aufl. Hanser 2006

Giesecke, Jürgen; Mosonyi, Emil: Wasserkraftanlagen 5. Aktualisierte und  
Erweiterte Aufl. Springer 2009

Mössner Thomas: Risikobeurteilung im Maschinenbau Projekt F2216  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2012

Patzak, Gerold; Rattay Günter: Projektmanagement 5. Aufl. Linde 2008

Rausch, Gereon: 2010 Nach der Krise ist vor der Krise, 2. Aktualisierte Aufl.  
CoPaKoGe 2012

Romeike, Frank; Finke, Robert: Erfolgsfaktor Risiko-Management 1. Aufl Gabler  
2003

Romeike, Frank; Hager, Peter: Erfolgsfaktor Risikomanagement 2.0 2.  
Vollständig überarbeitete und erweiterte Aufl. Gabler 2009



Schön, N; Bayer AG: Risikobetrachtung: Probleme, Definitionen, Methoden im Zuge der Altstoff Bewertung in Schwerpunktthema 3 Altstoffproblematik Ecomed 1991

Stelling, Johannes N: Kostenmanagement und Controlling 3. Unveränderte Aufl. Ouldenbourg 2009

Vahs, Dietmar; Schäfer-Kunz, Jan: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre Schäffer Pöschel 6. Überarbeitete Auflage 2012

Ziegenbein, Klaus: Controlling 9. Überarbeitete und aktualisierte Aufl. Ludwigshafen Kiehl 2002

## Internetquellen:

Angermeier, Georg: Risikoüberwachung

URL: <https://www.projektmagazin.de/glossarterm/risikoueberwachung>

Abrufdatum 14.08.2015

Bundesstelle für Informationstechnik - Bundesverwaltungsamt,

Risikoliste und Risikomatrix

URL: [http://www.bva.bund.de/DE/Organisation/Abteilungen/Abteilung\\_BIT/Leistungen/IT\\_Standards/SOS\\_Methode/](http://www.bva.bund.de/DE/Organisation/Abteilungen/Abteilung_BIT/Leistungen/IT_Standards/SOS_Methode/)

Kurzeinweisung/Systemunterstuetzung/04\_Risikomanagement/node.html

Abrufdatum 14.08.2015

Elektronik Kompendium: Computer Architektur

URL: <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/com/1309261.htm>

Abrufdatum 11.08.2015

Fiedler, Rudolf, Hochschule Würzburg: Die Bedeutung des Risikomanagements für Projekte

URL: [http://www.projektcontroller.de/material/material/Risikomanagement\\_in\\_Projekten.pdf](http://www.projektcontroller.de/material/material/Risikomanagement_in_Projekten.pdf)

Abrufdatum 14.08.2015

Gabler Wirtschaftslexikon, Produktivität,

URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/55467/produktivitaet-v6.html>

Abrufdatum 12.08.2015

Gerg, Felix, IQR Consult: Risikomanagement in Projekten

URL: <http://www.iqrconsult.com/2012/10/risikomanagement-in-projekten>

Abrufdatum 14.08.2015

Gevestor, Return on Investment - Beispiel zum Projektvergleich

URL: <http://www.gevestor.de/details/return-on-investment-beispiel-zum-projektvergleich-648213.html> Abrufdatum 01.10.2015

Gloor, Rolf, Asynchronmaschine

URL: <http://www.energie.ch/asynchronmaschine>

Abrufdatum 03.12.2015

Gorbach, Harald: Drehstrom-Synchronmaschine als Generator

URL: <http://el->

[gor.at/ECMS/page\\_view.php?Beruf=EMT&Seite=FK2f.php&Fach=FK&Gebiet=MAK&Jahrgang](http://el-gor.at/ECMS/page_view.php?Beruf=EMT&Seite=FK2f.php&Fach=FK&Gebiet=MAK&Jahrgang)  
[id=28#](http://el-gor.at/ECMS/page_view.php?Beruf=EMT&Seite=FK2f.php&Fach=FK&Gebiet=MAK&Jahrgang)

Abrufdatum 09.12.2015

Gründerszene, Rentabilität

URL: <http://www.gruenderszene.de/lexikon/begriffe/rentabilitaet>

Abrufdatum 12.08.2015

Grünstäudl, Martin: Gründerlexikon: Break-Even-Point Gewinnschwelle

URL: [http://www.gruendungswissen.at/gruendungswissen/blog-post/2010/06/14/gruenderlexikon](http://www.gruendungswissen.at/gruendungswissen/blog-post/2010/06/14/gruenderlexikon-break-even-point-gewinnschwelle)  
[break-even-point-gewinnschwelle](http://www.gruendungswissen.at/gruendungswissen/blog-post/2010/06/14/gruenderlexikon-break-even-point-gewinnschwelle)

Abrufdatum 01.10.2015

Krystek, Ulrich; Fiege Stefanie: Gabler Wirtschaftslexikon, Risikomanagement

URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/7669/risikomanagement-v10.html>

Abrufdatum 14.08.2015

Lampe, Julia, Universität Regensburg: Eine kurze Einführung in die Betriebswirtschaftslehre

URL: [www.wiwi.uni-regensburg.de/.../files/.../B4B%20Einfuehrung.PDF](http://www.wiwi.uni-regensburg.de/.../files/.../B4B%20Einfuehrung.PDF)

Abrufdatum 12.08.2015

Lexikon Wissen, Schlupf

URL: <http://www.wissen.de/lexikon/schlupf-elektrotechnik>

Abrufdatum 03.12.2015

Madreiter, Johann: Risikomanagement zur Wertsicherung – Chancenmanagement zur Wertgenerierung

URL: <http://nachhaltigmehrwert.at/leistungen/chancen-und-risikomanagement>

Abrufdatum 14.08.2015

Mewes & Partner GmbH: Die WinMod Systemsoftware

URL: <http://www.winmod.de/de/index.php?page=systemsoftware>

Abrufdatum 14.08.2015

Mewes & Partner GmbH: Was sind die Ziele bei der Nutzung von WinMOD

URL: <http://www.winmod.de/de/index.php?page=ziele>

Abrufdatum 14.08.2015

Risikomanager, Risikodiagramm:

URL: <http://risikomanager.org/methodenassistent/risikodiagramm-risikograph-risikolandschaft-risikoportfolio-risikomatrix>

Abrufdatum 14.08.2015

Romeike, Frank: Risikosteuerung und Risikokontrolle

URL: <http://www.betriebswirtschaft.info/2018.html>

Abrufdatum 14.08.2015

Schweizerischer Versicherungsverband: Grundinfos zur Versicherung,

URL: <http://www.svv.ch/de/konsumenten/allgemeine-informationen/grundinfos-zur-versicherung>

Abrufdatum 14.12.2015

Siemens AG, Schneller zum Null-Fehler Startup mit virtueller Inbetriebnahme

URL: <http://www.industry.siemens.com/verticals/global/de/chemical-industries/angebote/seiten/simit.aspx>

Abrufdatum 14.08.2015

Springer Verlag, Risikoanalyse

URL: [www.springer.com/cda/content/document/.../v\\_21\\_4099.xls](http://www.springer.com/cda/content/document/.../v_21_4099.xls)

Abrufdatum 11.08.2014

Sykasoft, SHK-SHK Betriebe keine Angst vor Basel II

URL: <http://www.sykasoft.de/basel2.htm>

Abrufdatum 12.08.2015

Technische Hochschule Mittelhessen:

Grundwissen SPS-Technik URL: <https://homepages.thm.de/~mlth53/wp-content/uploads/2010/04/sps.pdf> Seite 4 ff

Abrufdatum 11.08.2015

Tiroler Wasserkraft AG: Kraftwerksgruppe Sellrain-Silz Kraftwerk Silz

URL: [https://www.tiroler-wasserkraft.at/www\\_tiwag/de/hn/stromerzeugung/kraftwerkspark/silz/index.php](https://www.tiroler-wasserkraft.at/www_tiwag/de/hn/stromerzeugung/kraftwerkspark/silz/index.php)

Abrufdatum 11.08.2015

Universität Duisburg Essen Institut für Energie- und Umweltverfahrenstechnik:

Regenerative Energie technique II Wind Energy Part 3 ,

URL: <http://de.slideshare.net/arjunbhattarai/vorlesung-2009-wind3>

Abrufdatum 11.08.2015

Weka Media GmbH, QM-Aktuell : Geeignete Maßnahmen zur Risikominimierung

URL: <http://www.qm-aktuell.com/newsletterarticle.asp?his=2833.2233.5998&id=9290>

Abrufdatum 14.08.2015

Welt der BWL, Wirtschaftlichkeit

URL: <http://www.welt-der-bwl.de/Wirtschaftlichkeit>

Abrufdatum 12.08.2015

Wirtschaftslexikon, Amortisation

URL: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/amortisation/amortisation.htm>

Abrufdatum 01.10.2015

Wirtschaftslexikon, Return on Investment

URL: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/return-on-investment/return-on-investment.htm>

Abrufdatum 12.08.2015

Die Screenshots für die Abbildungen entstanden bei der Softwareerstellung in den entsprechenden Programmen von Siemens (S7, SimIT) und Mewes und Partner (WinMOD).

# **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Hallein, Herbst 2015

Andreas Lienbacher